



Universidad Virtual Hispánica De México

HISPÁNICA
UNIVERSIDAD VIRTUAL HISPÁNICA DE MÉXICO

Maestría en Ciencias Ambientales

**“Evaluación de la calidad del agua en la presa La Purísima, en el
estado de Guanajuato”**

TESIS

que para obtener el grado de Maestría en Ciencias Ambientales

p r e s e n t a:

Maria Azucena Márquez Lucio

a s e s o r:

Mtra. Jenni Arlett Carrillo Flores

Totolac, Tlax., México

Marzo de 2017



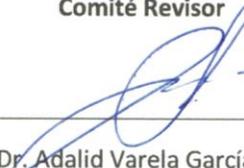
Tlaxcala, Tlax., a 25 de enero de 2017

**H. COMITÉ DE TITULACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD VIRTUAL HISPÁNICA DE MÉXICO
Presente**

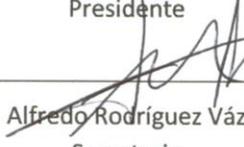
Los que se suscriben, constituidos en Comité Revisor para el examen de grado de la tesante **María Azucena Márquez Lucio**, del programa **Maestría en Ciencias Ambientales**, hemos leído y revisado la Tesis titulada **“Evaluación de la Calidad del Agua de la Presa de La Purísima, Guanajuato”**, y consideramos que cubre los requisitos señalados en los lineamientos académicos de la Universidad Virtual Hispánica de México; por lo tanto este Comité Revisor otorga dictamen aprobatorio de la mencionada tesis, autoriza su impresión, y la tesante puede continuar con los trámites pertinentes para presentar su examen de grado.

ATENTAMENTE

Comité Revisor



Dr. Adalid Varela García
Presidente



Mtro. Alfredo Rodríguez Vázquez
Secretario



Mtra. Jenni Arlett Carrillo Flores
Vocal



Mtro. Abdel Rodríguez Cuapio
Vocal

C. c. p. Miembros del jurado
C. c. p. Área de Control Escolar de la UVHM.
C. c. p. Tesante

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por prestarme vida para culminar un punto más en mi formación y poner a las personas indicadas siempre en mi camino, sin Él nada de esto sería posible.

A mis padres Florencia y Jesús quienes fueron, son y serán un ejemplo para mí, de constancia, trabajo, bondad, amor y respeto. A quienes extraño cada día de mi vida, ya que tuvieron que partir demasiado pronto, dejando una añoranza constante por seguir juntos. Espero ser la hija que Ustedes siempre quisieron y soñaron.

A mi pequeña y hermosa familia (Karen, Vane, Flor, Francisco) que a pesar de todos los altibajos emocionales que me caracterizan me aman incondicionalmente y nutren día a día mi alma. Por regalarme momentos mágicos que no cambio por nada, por las alegrías y tristezas que hemos vivido juntos y las que nos tiene preparadas Dios y la propia vida para seguir compartiendo.

De manera muy especial a mi hija, quien a pesar de su corta edad, me ha inyectado su propia fortaleza y amor por la vida, permitiendo con ello que no me rinda, continuando siempre a delante con mayor determinación. La constancia nos permite llegar hasta donde queremos, los límites son mentales. Tú eres y serás siempre una guerrera, mi heroína...la alegría de la familia. Gracias Nayeli (te amo).

AGRADECIMIENTOS

A la UVHM por permitirme ser parte de Ustedes y contribuir a mi formación académica de manera tan grata y con personal realmente comprometido.

A mi asesora-tutora, Jenni Arlett Carrillo Flores, quien sin su ayuda, paciencia, disposición, compromiso y buena voluntad, este trabajo no se hubiera concretado a la velocidad con que se hizo. Por el excelente ser humano que es y que tuve la dicha de conocer, espero que la relación perdure y siga creciendo una bonita amistad, porque seres humanos así es un placer tenerlos en nuestras vidas, son bendiciones y las bendiciones siempre son un regalo.

A la Lic. Luz Ma., de la Sota-Riva Herrera, del departamento de Titulación quien siempre me hizo observaciones oportunas, atendió y resolvió de manera tan amable y pronta todas mis dudas.

A la Lic. Judith Muñoz Zecua, del departamento de Control Escolar, quien siempre me atendió y oportunamente me indicaba los pendientes que se tenían.

A todo el personal de la UVHM que de alguna manera u otra han estado pendiente de cada uno de sus estudiantes, en este caso de una servidora. Agradezco mucho sus atenciones.

A mi comité evaluador, por las observaciones y recomendaciones aportadas al presente trabajo.

Al I.Q. Javier Díaz Méndez, por las facilidades prestadas para la realización del trabajo experimental.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	iv
SUMMARY	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Situación actual de los cuerpos de agua en el estado de Guanajuato.....	3
2.1.1 Regiones hidrográficas	4
2.2 Presa La Purísima, Guanajuato.....	4
2.2.1 Problemática	5
2.3 Índice de calidad del agua	6
2.3.1 Índice de calidad del agua de León (ICA-de León)	8
2.3.2 Índice de calidad del agua NFS Y DINIUS (ICA-NFS, ICA-DINIUS).....	10
2.4 Índices de contaminación (ICO's).....	13
2.4.1 Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).....	13
2.4.2 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)	14
2.4.3 Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)	15
2.4.4 Índice de contaminación por pH (ICOpH)	15
2.4.5 Clasificación del grado de contaminación del agua	15
2.5 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua	16
2.5.1 Parámetros físicos	16
2.5.2 Parámetros químicos	16
2.5.3 Parámetros microbiológicos.....	18
2.6. Legislación mexicana relativa al agua	19
2.6.1. Normas Oficiales Mexicanas	20
3. HIPÓTESIS	22
4. OBJETIVOS	22
4.1 Objetivo general.....	22
4.2 Objetivo específicos	22
5. METODOLOGÍA	23
5.1 Ubicación del área de estudio.....	23
5.2 Clima.....	24

5.3 Tipo de suelo	24
5.4 Vegetación.....	25
5.5 Fauna	26
5.6 Diseño de la investigación	26
5.7 Trabajo de campo.....	28
5.8 Establecimiento de las profundidades por punto a muestrear	29
5.9 Muestreo de agua	29
5.10 Muestreo de los peces	30
5.11 Determinación de temperatura y pH	30
5.12 Determinación de turbidez y color.....	30
5.13 Determinación de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) y determinación de la demanda química de oxígeno (DQO).....	31
5.14 Determinación de los sólidos totales (ST) y sales disueltas (SD).....	32
5.15 Determinación de cloruros totales (Cl ⁻ T) y determinación de grasas y aceites (GA)	34
5.16 Determinación de alcalinidad y dureza (CaCO ₃)	36
5.17 Determinación de coliformes totales, fecales, <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella sp</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> , en aguas	37
5.18 Determinación de coliformes totales, coliformes fecales, <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> en peces	39
5.19 Valoración de la calidad del agua a través de los Índices ICA's y ICO's.....	40
6.1 Determinación de los parámetros fisicoquímicos en agua de la presa La Purísima.....	41
6.2 Determinación de parámetros microbiológicos en agua de la presa La Purísima.....	42
6.3 Determinación de coliformes totales, fecales, <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> en peces en la presa La Purísima.....	45
6.4 Determinación de ICAs e ICOs en la presa La Purísima.....	46
7. DISCUSIÓN.....	49
8. CONCLUSIONES.....	56
9. RECOMENDACIONES	57
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	59
11. ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Pesos específicos de los parámetros del índice de León	9
Tabla 2. Calidad y rango del agua de acuerdo a los índices de León	10
Tabla 3. Pesos específicos de los parámetros de los índices NSF y Dinius	12
Tabla 4. Calidad y rango del agua según los índices NSF, Dinius.	12
Tabla 5. Clasificación del grado de contaminación del agua	16
Tabla 6. Localización geográfica de las zonas de muestreo en la Presa La Purísima.	28
Tabla 7. Identificación de profundidades de muestreo en la presa La Purísima.	29
Tabla 8. Calidad del agua de acuerdo a los Índices de León, Dinius, NSF, ICOMO, ICOMI, ICOSUS, ICOpH.	40
Tabla 9. Parámetros físico-químicos en agua de la presa La Purísima.	43
Tabla 10. Parámetros microbiológicos de CT, CF y <i>E. coli</i> , en agua la presa La Purísima.	44
Tabla 11. Valores de referencia para los parámetros biológicos.	44
Tabla 12. Parámetros microbiológicos de <i>Salmonella</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> , en agua de la presa La Purísima.	45
Tabla 13. Coliformes totales, fecales y <i>E. coli</i> en peces de la presa La Purísima.	46
Tabla 14. Valores de referencia para los parámetros microbiológicos en pescado fresco.	46
Tabla 15. Resultados de ICAs e ICOs en la presa La Purísima	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Macrolización de la Presa La Purísima (<i>SIATL, 2013</i>).	23
Figura 2. Localización de la Presa La Purísima y su zona de influencia (<i>IEE, 2007</i>).	24
Figura 3. Análisis físico-químicos (FQ), análisis microbiológicos (MB)	27
Figura 4. Localización geográfica de las zonas de muestreo en la Presa La Purísima.	28
Figura 5. Presa La Purísima	99
Figura 6. Compuerta de la presa La Purísima	100
Figura 7. Recorrido en la Presa La Purísima	100
Figura 8. Botella de Van Dorn	101
Figura 9. Toma de muestra.	101
Figura 10. Muestreo de agua.	102

RESUMEN

La calidad de agua en un área agrícola y acuícola es un factor principal que repercute en su sustentabilidad, la baja calidad de estos recursos reduce los rendimientos y causan la toxicidad en los diferentes sectores primarios, afectando la productividad y al ambiente. En la presa La Purísima se han detectado alteraciones notables sobre el recurso agua, el objetivo de este trabajo es evaluar tres índices de calidad del agua (ICA's): índice NSF, índice de León, y el índice Dinius, índices de contaminación (ICO's): ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOpH; para determinar la calidad del agua contenida en el Área Natural Protegida (ANP) de la presa La Purísima. Se establecieron seis puntos de muestreo en el ANP con accesibilidad a ellos para determinar las propiedades fisico-químicas (pH, temperatura, oxígeno disuelto, DBO₅, DQO, grasas y aceites, ST, SST, SDT, conductividad, cloruros, alcalinidad, dureza, turbidez y color) y microbiológicas (coliformes totales, coliformes fecales, *E. coli*, *Salmonella* y *Staphylococcus aureus*), para el área de estudio; de acuerdo a la normatividad vigente correspondiente. Así mismo, las determinaciones microbiológicas (coliformes totales, coliformes fecales, *E. coli*, *Salmonella* y *S. aureus*) también se realizaron para las especies acuáticas cultivadas en la presa La Purísima. Finalmente se utilizó el Software ICATEST V1.0., para cada uno de los parámetros mencionados anteriormente. Los resultados se interpretaron con base a los estándares nacionales e internacionales; y se analizaron índices de calidad del agua (ICA's y ICO's). Los resultados obtenidos demuestran que desde la perspectiva microbiológica el cultivo acuícola en los puntos estudiados se encuentran dentro de los límites permisibles; es decir, no existe presencia de *Salmonella* o *S. aureus*. La calidad del agua no ha sido una limitante significativa para el desarrollo de la actividad agrícola y acuícola en la presa La Purísima; sin embargo, existen evidencias de alteraciones en la calidad de la misma, y por ende es necesario conducir estudios físico-químicos y microbiológicos en los diferentes vertientes de agua que conforman la presa para evitar el riesgo del consumo humano de los peces, y del producto agrícola como el maíz.

SUMMARY

Water quality in an agricultural and aquaculture area is a major factor that impacts on its sustainability, the low quality of these resources reduces yields and causes toxicity in the different primary sectors, affecting productivity and the environment. In the La Purísima Dam, notable alterations have been detected on the water resource, the objective of this work is to evaluate three Water Quality Indices (ICA's): NSF index, Leon index, and the Dinius index, pollution indices (ICO's): ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOPH, to determine the quality of water contained in the Protected Natural Area (ANP) La Purísima dam. Six sampling points of the ANP were established, with accessibility to them; to determine the physicochemical properties (pH, temperature, dissolved oxygen, BOD₅, COD, fats and oils, ST, SST, SDT, conductivity, chlorides, alkalinity, hardness, turbidity and color) and microbiological (total coliforms, fecal coliforms, *E. coli*, *Salmonella* and *Staphylococcus aureus*), for the study area; according to the corresponding current regulations. Microbiological determinations were also performed (total coliforms, fecal coliforms, *E. coli*, *Salmonella* and *S. aureus*) or the cultivation of aquatic species that are carried out in La Purísima dam. Finally, the ICATEST V1.0 software was used for each parameter mentioned above. The results were interpreted based on national and international standards and water quality indexes (ICA's and ICO's respectively) were analyzed. The results obtained demonstrate that from the microbiological perspective the aquaculture crop in the points studied are within the permissible limits; that is, there is no presence of *Salmonella* or *S. aureus*. Water quality has not been a significant limitation for the development of agricultural and aquaculture activity in La Purísima dam; however, there are evidences of alterations in the quality of the same, and therefore it is necessary to conduct physical, chemical and microbiological studies in the different bodies of water that make up the dam to avoid the risk of the human consumption of the fish, and the agricultural product such as corn.

1. INTRODUCCIÓN

A comienzos de este siglo XXI, la calidad del agua enfrenta a una grave crisis mundial. Crisis motivada principalmente por una mala gestión y el empleo de métodos inadecuados en la utilización de la misma, por lo que la calidad del agua está en riesgo por la contaminación a causa de la urbanización, actividades agrícolas, la industrialización, entre otras. En este sentido, uno de los problemas ambientales derivados del desarrollo agrícola, urbano e industrial es la degradación de los recursos suelo y agua. Por ende, la calidad del agua se ve afectada principalmente por la generación incontrolada de contaminantes sobre el subsuelo y por el manejo inadecuado de los vertidos tóxicos. Estos factores son evidentes en las diferentes zonas urbanas y semi-urbanas debido a la escasez o contaminación del agua. Los cambios en la calidad del agua actualmente son unos de los principales temas de investigación (Fernández-Jáuregui, 2004) de este elemento vital.

En México el 68% de las aguas superficiales presentan problemas de contaminación. La presa La Purísima forma parte de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago por lo que no escapa ante la problemática, ya que dicha cuenca es una de las de mayor índice de contaminación en el país (Navarro, *et al.*, 2004).

La presa La Purísima tiene una capacidad de almacenamiento de 60 millones m³ de agua, las cuales 25.4 millones están destinadas a la agricultura; actualmente la presa proporciona agua para irrigar 4,500 ha en los municipios de Irapuato y Guanajuato (Medina, *et al.*, 2007). Ésta representa el 5.6% del total de la superficie de la cuenca Lerma-Chapala. Las actividades de mayor productividad de la cuenca residen en el sector terciario (servicios, comercio), secundario (industrial) y primario (agricultura) (Flores y Scott, 2000).

La presa La Purísima es un área natural protegida (ANP) y una zona importante de recarga de agua para la región, además de las actividades económicas que se generan, por lo que es un cuerpo acuífero de suma importancia para el estado de Guanajuato (IEE, 2007).

Los problemas derivados del uso de agua con mala calidad en la presa se deben principalmente a la contaminación por metales pesados, alteraciones físico-químicas y presencia de contaminación microbiológica. Esto pone en riesgo la salud de los consumidores, deteriorando la resiliencia del suelo; la cual ha sido generada por la industria minera, metal-mecánicas, curtidoras de la ciudad de León, Guanajuato y otras industrias cercanas al cuerpo acuífero.

La falta de información e interés del gobierno ante esta situación hace necesario la elaboración de estudios, para determinar la calidad del agua presente en la presa La Purísima, éstos nos permitirán diagnosticar el estado actual del cuerpo hídrico y el efecto que tienen estos mantos acuíferos en los peces de consumo humano, logrando con ello, establecer estrategias a mediano y largo plazo que mejoren sustancialmente las condiciones de los organismos de vida acuática.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Situación actual de los cuerpos de agua en el estado de Guanajuato

El territorio del estado de Guanajuato está comprendido entre las cuencas de los ríos Pánuco y río Lerma, siendo éstos un parteaguas que divide al territorio mexicano en dos vertientes, una al este y otra al oeste. Lo anterior tiene beneficios importantes ya que los recursos hídricos, si bien no en exceso, si tienen una presencia cubriendo áreas importantes del estado, lo que resulta propicio para aprovechamiento acuícola con distintas especies como bagre de canal, rana, tilapia y carpa. Resulta importante mencionar además la infraestructura hídrica para el aprovechamiento con fines agropecuarios (CEAG, 2017).

A pesar de la enorme importancia que representa el recurso agua para el estado y de la gran cantidad de acciones para mejorar su aprovechamiento y distribución, éstas se han centrado principalmente en el agua de consumo humano y agropecuario (Hicks, 2005), por lo que otros aspectos como vida silvestre y calidad para uso acuícola y obras de manejo de suelos y sistemas forestales que permitan una mayor captación natural han quedado desatendidos.

La falta de atención sobre la condición ecológica de los cuerpos de agua de Guanajuato resulta preocupante. La contaminación e impacto ambiental son acumulativos por lo que, se puede apreciar un deterioro paulatino afectando de manera significativa la vida silvestre y actividades económicas como a la acuicultura. Estos problemas no son nuevos, la problemática hidráulica en Guanajuato siempre se ha estado presente (Teorema Ambiental, 2001), sobre todo la contaminación de los ríos sobre todo por descargas de tipo industrial por hidrocarburos, solventes, metales y agroquímicos (Consejo Consultivo del Agua A.C., 2017).

2.1.1 Regiones hidrográficas

La república mexicana está dividida en 37 regiones hidrológicas, las cuales están conformadas en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas. Cada región a una o más cuencas hidrológicas, considerando a una cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento (CONABIO, 2017). El estado de Guanajuato está contenido dentro de las regiones hidrológicas 12 Lerma-Santiago y 26 Pánuco. De éstas, la región hidrológica 12 Lerma-Santiago abarca la mayor parte de la superficie del estado (CONAGUA/SIGA, 2017). El sistema hídrico en el estado está compuesto por cuerpos de agua lóticos como los ríos y arroyos y por cuerpos de agua lénticos, que son aquellos que no tienen corriente por estar delimitados o contenidos en una superficie determinada y de los cuales se lleva a cabo el mayor aprovechamiento para diversas actividades como acuícola, agropecuaria, recreativa y de vida silvestre.

En el caso de cuerpos de agua lénticos, Guanajuato cuenta con 6287 de ellos de los cuales 4718 son intermitentes y solo 1569 son permanentes. De éstos últimos 1388 son menores a 1 ha. De los cuerpos de agua restantes sólo son 70 los de importancia pesquera mayores a 20 ha, entre los cuales la presa La Purísima ocupa el 5º sitio en cuanto a superficie con 406 ha (Walter & Brooks, 2009).

2.2 Presa La Purísima, Guanajuato

La presa La Purísima es una zona de Influencia declarada como Área Natural Protegida (ANP), a través del Decreto Gubernativo número 249 publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado el 25 de noviembre del 2005 (IEE, 2007).

Esta área protegida tiene una gran importancia desde varios aspectos, entre ellos cabe destacar la recarga de agua subterránea, el gran valor histórico-cultural que

representa, así como los vestigios prehispánicos encontrados actualmente, además de ser un hábitat importante de aves, alcanzando hasta 200 especies de ellas.

Entre las aves se destacan la cerceta aliazul (*Anas discors*), pato mexicano (*Anas platyrhynchos diaza*) considerado como especie amenazada, aguililla pechirroja (*Buteo lineatus*) considerada como especie sujeta a protección especial y el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), considerado como especie sujeta a protección especial de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Todas estas características que se presentan en esta área protegida ha propiciado diseñar programas de manejo, en los cuales se establecen ocho subprogramas de los que se prevé la participación de diferentes instituciones públicas, organismos sociales, privados y pobladores locales (IEE, 2007).

2.2.1 Problemática

La presa La Purísima presenta serios problemas de contaminación debido al manejo inadecuado de los servicios ambientales del cuerpo de agua. Entre los usos y principales actividades económicas se encuentran la pesca, el turismo, riego y control de avenidas. En relación al impacto ecológico se evidencia una alta contaminación por descarga de aguas residuales (domésticas e industriales), grandes florecimientos algales debido a una alta eutrofización del embalse que afectan en el aspecto de la pesca a la especie nativa *Menidia jordani* y a las introducidas *Oreochromis sp.*, *Cyprinus carpio* y *Micropterus salmoides* (Walter & Brooks, 2009). Desde el punto de vista microbiológico sanitario se ha reportado la presencia de huevos de helminto de las especies *Hymenolepis diminuta* y *Enterobius vermicularis* (Velázquez-Aldaco, et al., 2016). También se han encontrado niveles altos de nitratos (Bonilla-Hernández, et al., 2015) y algunos elementos traza como Zn, Pb, Cu y As (García Flores & Zanor, 2017).

2.3 Índice de calidad del agua

La calidad del agua (CA) se refiere al conjunto de características físicas, químicas y biológicas que permite designarla en un espacio y tiempo como adecuada o inadecuada para su aprovechamiento en los distintos usos reconocidos por la humanidad (Hendricks, 1984).

Generalmente la calidad del agua se define por medio de indicadores o parámetros como los son pH, temperatura, grasas y aceites (GA), dureza (D), alcalinidad (A), cloruros (Cl⁻), coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), turbidez (T), oxígeno disuelto (OD), demanda biológica de oxígeno (DBO₅) y demanda bioquímica de oxígeno (DB) (Fernández y Solano, 2008).

También de acuerdo con Fernández y Solano (2008), el índice de calidad de agua (ICA), consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja, de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color. Sin embargo, la simplificación en la forma de representar un índice no es simple, como menciona Cude (2001), citado por Fernández y Solano (2008), quien reconoce que los índices de calidad del agua que han constituido una continua preocupación sobre los nuevos enfoques y herramientas para el desarrollo de otros índices.

Las primeras comparaciones sobre la calidad del agua fueron realizadas por Landwehr y Deininger (1976), seguidas por Ott (1978) quién realizó una revisión de los índices usados en Estados Unidos.

En Europa los aportes han derivado de estudios como los de Van Helmond y Breukel (1997), quienes demostraron que por lo menos 30 índices de calidad del agua son de uso común alrededor del mundo y consideran un número de variables entre 3 y 72, con la inclusión frecuente de por lo menos 3 de los siguientes

parámetros: O₂, DBO o DQO, NH₄-N, PO₄-P, NO₃-N, pH y sólidos totales; igualmente, en Croacia, Stambuk-Giljanovc (1999) observó que a través de los años, varios índices de calidad del agua fueron formulados, con objetivos propios. Los trabajos de mayor envergadura se basan en la metodología Delphi, como el "The National Sanitation Foundation" (NSF), el que utiliza nueve parámetros en donde incluye la demanda DBO₅, OD, CF, nitratos (NO₃⁻), pH, variación de temperatura, sólidos disueltos (SD), fosfatos totales (FT) y turbidez (Samboni, *et al.*, 2007).

Dinius (1972) planteó un ICA conformado por nueve variables físico-químicas y dos microbiológicas; por su parte, el ICA-NSF está constituido por ocho variables físico-químicas y un elemento biótico como los CF. Aunque la estimación en ambos índices está orientada al empleo del agua para consumo humano, el índice de Dinius toma en cuenta otros usos, como son agricultura, pesca, industria y recreación. El NSF es el índice más empleado en la valoración de la calidad de las aguas superficiales para consumo humano a nivel mundial (Fernandez y Solano; 2008).

Hay que considerar que los índices NFS y de Dinius se pueden adaptar y modificar de acuerdo con las condiciones prevalecientes al medio o de cada sistema acuático en particular. En Centroamérica se hacen notorios los desarrollos de Montoya (1997) y León (1998), con la generación de sus respectivos índices. El índice de Montoya se basa en la medición de 18 parámetros, mientras que el índice de León se basa en la medición de 15 parámetros. León prefiere clasificar la calidad del agua según su grado de contaminación, para cada uso particular. Usualmente esta clasificación se efectúa asociando colores distintos a diferentes rangos de contaminación. Además incluye un número importante de indicadores físico-químicos y microbiológicos complementarios, con sus respectivos rangos de permisibilidad para cada clase de agua de acuerdo con su concentración (Calvo, 2012).

2.3.1 Índice de calidad del agua de León (ICA-de León)

El índice de la calidad del agua de León fue realizado por el Instituto Mexicano del agua y presenta un sistema indicador de la calidad del agua, que agrupa los variables contaminantes más representativos dentro de un marco unificado. Adapta y modifica un modelo propuesto en la literatura, por medio de la implementación del conocido método Delphi de encuestas (creado con el objeto de integrar efectivamente las opiniones de los expertos y eliminar las desventajas colaterales de un proceso de comité), y aplica a determinaciones de calidad del agua de la Red Nacional de Monitoreo en el Sistema de la Cuenca Lerma-Chapala (Fernández y Solano 2008).

En un estudio realizado por Fernández y Solano (2008) indican que la evaluación numérica del ICA-de León, con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos, se debe a Brown y McClelland (1973), obteniéndose a partir de una media geométrica:

$$ICA = \prod_{i=1}^n [Q^{W_i}]$$

Dónde: W_i son los pesos específicos asignados a cada parámetro (i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno. Los pesos específicos (W_i) de cada parámetro se presentan en el tabla 1. Q_i es la calidad del parámetro (i), en función de su concentración y cuya calificación oscila entre 0 y 100, PI representa la operación multiplicativa de las variables Q elevadas a la W . Finalmente, el ICA que arroja la ecuación es un número entre 0 y 100 a partir del cual y en función del uso del agua, permite estimar el nivel de contaminación y su clasificación (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1. Pesos específicos de los parámetros del índice de León

Parámetro	(SIMB- Unidad)	Valor de Wi
Oxígeno disuelto	(OD-% Sat.)	0.103
Demanda bioquímica oxígeno	(DBO ₅ -mg/l)	0.096
Demanda química de oxígeno	(DQO-mg/l)	0.053
Grado acidez/alcalinidad	(pH -)	0.063
Sólidos suspendidos	(SST-mg/l)	0.033
Coliformes totales	(ColiT-#/100 ml)	0.083
Coliformes fecales	(ColiF-#/100 ml)	0.143
Nitritos	(NO ₃ -mg/l)	0.053
Amonios	(NH ₃ -mg/l)	0.043
Fosfatos	(PO ₄ -mg/l)	0.073
Fenoles	(Fenol-µg/l)	0.033
Diferencia de temperatura	(DT-°C)	0.043
Alcalinidad (CaCO ₃)	(AlcT-mg/l)	0.055
Dureza (CaCO ₃)	(DurT-mg/l)	0.058
Cloruros	(Clor-mg/l)	0.068

Asociado al valor numérico del ICA se definen 6 rangos de estado de calidad del agua:

1. Excelente: E
2. Aceptable: A
3. Levemente Contaminada: LC
4. Contaminada: C
5. Fuertemente Contaminada: FC
6. Excesivamente Contaminada EC

Tabla 2. Calidad y rango del agua de acuerdo a los índices de León

Índice de León (1998)		
Calidad	Rango	Escala de color
Excelente	91-100	Azul
Aceptable	70-90	Verde
Leve conta*	50-69	Amarillo
Contaminada	30-49	Naranja
Fuertemente	20-29	Rojo
Inaceptable	0-19	Negro

Leve conta*= Leve contaminación

2.3.2 Índice de calidad del agua NFS Y DINIUS (ICA-NFS, ICA-DINIUS)

En un estudio realizado por Samboni, *et al.*, (2007), fundamentan en su documento que el NSF surge en los años setenta y en la actualidad, es utilizado para supervisar la calidad de los ríos a través del tiempo y comparar aguas de abastecimiento en Estados Unidos y muchos países del Mundo. Para su desarrollo se seleccionaron 142 expertos en el tema de calidad de agua, quienes usaron la técnica de investigación Delphi, basada esencialmente en tres pasos:

1.- Probaron 35 variables de contaminación, clasificadas en tres categorías de acuerdo a los siguientes parámetros: “no incluido”, “indeciso” o “incluido”, a los que se les asignó un valor de 1 a 5, de acuerdo con su mayor o menor importancia, siendo uno la calificación más significativa.

2.- Se evaluaron las respuestas de los expertos y se seleccionaron nueve variables de mayor importancia: OD, CF, pH, DBO, SDT, NO₃-N, fosfatos, temperatura y turbidez.

3.- Se asignaron los pesos relativos o peso de importancia del parámetro (W_i) correspondientes a los factores de contaminación en aguas de acuerdo al uso del agua e importancia de los parámetros en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración, basados en el criterio profesional colectivo y los conocimientos del medio acuático.

El promedio aritmético determina el valor de cada índice. El índice NSF (1978) se fundamenta en la ecuación:

$$INSF = \sum_{i=1}^n S_{i} * W_{i}$$

Dónde: S_i es el subíndice de la variable i , y W_i es el peso ponderado del subíndice i . Esta fórmula se emplea teniendo en cuenta la agregación del producto ponderado para evitar valores cero de algún subíndice (Tabla 3).

El índice de calidad de Dinius (1972) se determina como:

$$I = \sum_{i=1}^n I_{i} * W_{i}$$

Dónde: I_i es el subíndice de la variable i y W_i es el peso ponderado para el subíndice i . En la Tabla 3 se muestran los pesos específicos (W_i) asignados a cada variable en los índices NSF (1978) y de Dinius (1972).

El ICA-NSF original se ha modificado para desarrollar índices de calidad de agua específicos para determinadas regiones o países.

Tabla 3. Pesos específicos de los parámetros de los índices NSF y Dinius

Variable	Valor Wi-NSF (1978)	Valor Wi-Dinius (1972)
Oxígeno disuelto %	0.17	5
Coliformes totales	-	3
Coliformes fecales	0.15	4
pH	0.12	1
DBO	0.10	2
Nitratos	0.10	-
Fosfatos	0.10	-
Temperatura	0.10	2
Turbiedad	0.08	-
Sólidos totales	0.08	-
Condctividad eléctrica	-	1
Color	-	1
Dureza	-	1
Cloruros	-	0.5
Alcalinidad total	-	0.5

Tabla 4. Calidad y rango del agua según los índices NSF, Dinius.

Índice de Dinius (1972)		NSF(1978)		Escala de color
Calidad	Rango	Calidad	Rango	
Excelente	91-100	Excelente	91-100	Azul
Buena	81-90	Buena	71-90	Verde
Regular	71-80	Regular	51-70	Amarillo
Mala	51-70	Mala	26-50	Naranja
Muy mala	40-50	Muy mala	25-0	Rojo
Inaceptable	0-39			Negro

2.4 Índices de contaminación (ICO's)

De acuerdo con Fernández y Solano (2008), en Colombia se han desarrollado diferentes estudios con el propósito de formular índices adaptables al contexto de los ríos del mencionado país. Uno de ellos es el estudio realizado por un grupo de investigación que tomó varios años y el cual presentó un índice de contaminación denominado ICO que por sus características puede desagregarse en los índices que lo constituye.

Cada índice se basa en la agrupación de parámetros medidos y busca determinar el grado de alteración de un cuerpo de agua. Están diseñados para valorar problemas ambientales diferentes y no se encuentran correlacionados los unos con los otros. Dentro de estos índices se destacan: ICOMI, índice de contaminación por mineralización que incorpora las variables de conductividad, dureza y alcalinidad; ICOMO, índice de contaminación por materia orgánica que involucra los parámetros DBO₅, CF y OD, ICOSUS, índice de contaminación por sólidos suspendidos que recoge el parámetro sólidos suspendidos; ICOPH, índice de contaminación por pH que como su nombre lo indica toma en cuenta el valor del pH.

2.4.1 Índice de contaminación por mineralización (ICOMI)

Se expresa en numerosas variables, entre las cuales están: conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza (se define como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos presentes, calcio, magnesio, estroncio y bario en forma de carbonatos y bicarbonatos y se expresa en equivalentes de carbonato de calcio), y alcalinidad (que a su vez se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos y se encuentra en función de la concentración de los aniones presentes, generalmente está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, aunque también los boratos, silicatos, nitratos y fosfatos pueden también contribuir a la alcalinidad). Lo anterior queda integrado de la siguiente manera:

$$ICOMI = 1/3 (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

Dónde:

$$I_{\text{Conductividad}} = 3,26 + 1,34 \text{Log}_{10} * \text{Conductividad } (\mu\text{S/cm})$$

$$I_{\text{Dureza}} = -9,09 + 4,49 \text{Log}_{10} * \text{Dureza (mg/L)}$$

$$I_{\text{Alcalinidad}} = -0,25 + 0,005 * \text{Alcalinidad (mg/L)}$$

Se resalta que:

Conductividades mayores a 270 $\mu\text{S/cm}$ tienen un índice =1

Durezas mayores a 110 mg/L tienen un índice =1

Durezas menores a 30 mg/L tienen un índice = 0

Alcalinidades mayores a 250 mg/L tienen un índice = 1

Alcalinidades menores a 50 mg/L tienen un índice = 0

2.4.2 Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)

Al igual que en la mineralización, se expresa en diferentes variables fisico-químicas de las cuales se seleccionaron DBO, CT y porcentaje de saturación del oxígeno; en conjunto, todos los parámetros presentan efectos distintos en la contaminación orgánica del agua, Lo anterior queda integrado de la siguiente manera:

$$ICOMO = 1/3 (I_{\text{DBO}} + I_{\text{Coliformes}} + I_{\text{Oxígeno \%}})$$

Dónde:

$$I_{\text{DBO}} = -0,05 + 0,70 \text{Log}_{10} * \text{DBO (mg/L)}$$

$$I_{\text{Coliformes}} = -1,44 + 0,56 \text{Log}_{10} * \text{CT (NMP/100mL)}$$

$$I_{\text{Oxígeno \%}} = 1 - 0,01 * \text{Oxígeno\%}$$

Para este índice se resalta que:

DBO5 mayor a 30 mg/L tienen índice = 1

DBO5 menor a 2 mg/L tienen índice = 0

Coliformes mayores a 20, 000 NMP/100 mL tienen índice = 1

Coliformes menores a 500 NMP/100 MI tienen índice = 0

Oxígeno (%) mayor a 100% tienen índice = 0

2.4.3 Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)

Se determina tan sólo mediante la concentración de sólidos suspendidos. Si bien esta variable observó alguna correlación de importancia con la demanda de oxígeno (DBO y DQO) y con el amonio, se desagregó de las anteriores por cuanto estas últimas corresponden con claridad a procesos de contaminación orgánica, mientras que los sólidos suspendidos bajo muchas circunstancias, podrían perfectamente hacer referencia tan sólo a compuestos inorgánicos.

$$\text{ICOSUS} = -0,02 + 0,0003 * \text{SS}$$

Para este índice se resalta que:

Sólidos suspendidos (SS) mayores a 40 mg/L, el índice = 1

Sólidos Suspendidos (SS) menores a 10 mg/L, el índice = 0

2.4.4 Índice de contaminación por pH (ICOpH)

El índice de contaminación por pH se determina de la siguiente manera:

$$\text{ICOpH} = (e^{(-31,08 + (3,45 * \text{pH}))}) / (1 + e^{(-31,08 + (3,45 * \text{pH}))})$$

2.4.5 Clasificación del grado de contaminación del agua

La clasificación del grado de contaminación del agua se realizó mediante la asignación de una numeración que está ligada a una escala de color (Fernández y

Solano, 2004; Somboni, *et al.*, 2007). Esta se llevó a cabo con la categorización de los índices de la siguiente manera, de acuerdo a lo presentado en la Tabla 5:

Tabla 5. Clasificación del grado de contaminación del agua

ICO	Grado de contaminación	Escala de color
0 - 0,2	Ninguna	Azul
>0,2 - 0,4	Baja	Verde
>0,4 - 0,6	Media	Amarillo
>0,6 - 0,8	Alta	Naranja
>0,8 - 1,0	Muy alta	Rojo

2.5 Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua.

Los parámetros que definen la calidad del agua son muchos y variados, estos se clasifican de diversa manera, una es por su origen, por su impacto en el medio, persistencia, su forma de remoción, o por sus características microbiológicas, físicas, organolépticas, químicas, etc., (Barrenechea, 2004; Aurazo de Z, 2004; García Hololavsky, 2012; Calvo, 2012).

2.5.1 Parámetros físicos

Los parámetros que definen las características físicas y organolépticas del agua son los que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos, mientras que el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio. También deben considerarse otros parámetros tales como los SD, sólidos suspendidos, fijos y volátiles para ambos, sólidos sedimentables y la temperatura (García Hololavsky, 2012; Barrenechea, 2004)

2.5.2 Parámetros químicos

Los parámetros asociados a las características química de los elementos o compuestos químicos, que como resultado de investigación científica se ha

comprobado que pueden causar efectos nocivos a la salud humana, incluyen, además de otros, la alcalinidad (iones carbonato, bicarbonato e hidróxido), la dureza (iones de calcio y magnesio), los iones cloruro (García Hololavsky, 2012).

Los cloruros son de suma importancia en la caracterización físico-química debido a que el ion Cl^- es el principal anión que se encuentra en el agua natural, en los sistemas embalsados. Normalmente, este ion se incrementa con el contenido mineral; además proviene de la disolución de suelos y rocas. Sin embargo, otras fuentes son la descarga de aguas residuales, domésticas, agrícolas e industriales (Metcalf-Heddy, 1994, en Alvaro, 2010).

El ion cloruro no suele ser un problema de potabilidad a las aguas de consumo (salvo por el sabor), aunque si es un indicador de contaminación de las aguas debido a que, el hombre en la preparación de sus alimentos utiliza cantidades considerables de cloruro de sodio (sal de cocina), el cual es desechado en su totalidad a través de la orina y excrementos. El incremento de cloruros en las aguas residuales de uso doméstico es de aproximadamente 25 mg/L con respecto al agua del abastecimiento (García Hololavsky, 2012).

Además de los anteriores parámetros mencionados, se deben considerar aquellos cuya determinación se basa en la conjugación de propiedades físicas y químicas; tales como el potencial hidrógeno y la conductividad eléctrica, entre otros como las grasas y aceites, esto se refiere únicamente al estado físico sólido o líquido de este tipo de moléculas. No tienen ninguna relación con cualquier otra propiedad; la estructura química no varía (Alais y Linden, 1990).

Las grasas y aceites al ser inmiscibles en el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Su importancia se debe al efecto que tienen sobre los sistemas de tratamiento de agua residuales o en las aguas naturales, ya que interfieren con el intercambio de gases entre el agua y la

atmósfera. Éstas originan una película impermeable entre la atmósfera y la superficie acuática que ocasiona una disminución del oxígeno disuelto en el agua (Severiche, *et al.*, 2013), no permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO₂ del agua hacia la atmósfera por lo que pueden llegar a producir la acidificación del agua, además absorben la radiación solar afectando a la fotosíntesis (Arce, 2008).

2.5.3 Parámetros microbiológicos

El cambio en la calidad del agua es causado por diferentes factores; por la introducción de sustancias químicas o biológicas en el medioambiente subterráneo debida a la actividad humana. Los parámetros microbiológicos se determinan a través de microorganismos patógenos que indican el estado del agua de buena calidad. Los métodos usados para el aislamiento y el recuento de estos microorganismos patógenos en agua, se basa en la presencia de números mayores de microorganismos en el agua (Pajares y Orlando, 2000, en Castillo, *et al.*, 2009).

Los microorganismos que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y los animales; y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por consiguiente su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas. Los microorganismos indicadores de la calidad de agua, se encuentran en las bacterias del grupo coliformes, que son patógenos de transmisión fecal-oral perteneciendo a este grupo especies como *Escherichia coli*, entre otras. Estos organismos generalmente se pueden encontrar en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Pettibone, *et al.*, 1987; OMS, 1995; Wyer, *et al.*, 1995 en Bautista, *et al.*, 2013).

Los coliformes fecales también denominados termotolerantes, llamados así porque soportan temperaturas de hasta 45 °C, comprenden un grupo reducido de

microorganismos que pertenece al grupo de los coliformes totales (Hayes,1993; Gómez, *et al.*, 1999; Grabow,1996; Ashbolt, *et al.*, 2001; George, 2001; Sueiro, 2001, en Bautista, *et al.*, 2013).

Otro grupo de microorganismos que se utilizan como indicadores son los protozoos, que son los organismos unicelulares más especializados, caracterizados por ser móviles en alguna de sus fases evolutivas y presentar nutrición heterótrofa. La mayoría son no fotosintéticos y carecen de paredes celulares, siendo esta última una característica distintiva de las algas y los hongos (Kiely, 1999, en Castillo, *et al.*, 2009). De acuerdo con la normatividad mexicana, los huevos de Helmito son considerados como indicadores de la calidad del agua (NOM-001-ECOL-1996).

2.6. Legislación mexicana relativa al agua

En nuestro país existen diversas leyes, reglamentos y normas que permiten a los ciudadanos tener un marco de referencia para actuar en relación a las aguas. La legislación nacional hídrica es compleja, dispersa y cuantiosa. Es compleja porque el tema del agua al ser un rubro forzosamente transitorio, ha provocado que disposiciones relativas a su regulación se encuentren dispersas en un número considerable de textos legales. Lo anterior dificulta la óptima regulación del recurso al obstaculizar el debido cumplimiento y la aplicación efectiva del marco jurídico (CONAGUA, 2005; Atl, 2009; García Hololavsky, 2012; Ortiz, 2013).

De acuerdo a CONAGUA (2005), el marco jurídico que regula toda la materia de aguas en el país queda representado por las disposiciones de observancia general relativas a la administración del recurso hidráulico, que son fundamentales, las cuales se enlistan a continuación:

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículos 27, 28 y 15.
2. Ley de Aguas Nacionales (LAN), que da sustento a la evolución del marco institucional y el desarrollo de los elementos de la política hidráulica en un horizonte de mediano y largo plazo.

3. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.
4. Ley Federal de Derechos
5. Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica.
6. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente.
7. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
8. Leyes estatales en materia de agua potable y alcantarillado.
9. Normas Oficiales Mexicanas aplicables en materia de agua.

Aunque, cabe agregar que existen una cantidad extraordinaria de textos legales en materia de agua, incluyendo tratados internacionales y bilaterales. La autoridad y responsabilidad de la administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejerce directamente a través de “Comisión” (Artículo 4 de la Ley de Aguas Nacionales).

2.6.1. Normas Oficiales Mexicanas

Las normas, establecen con todo detalle la forma en que se ha de cumplir con lo establecido en leyes y reglamentos superiores. Se puede hablar de dos tipos de normas, la Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que son de observancia obligatoria, y las Normas Mexicanas (NMX), las cuales no son de observancia obligatoria, pero se sugiere la conveniencia hacerlo (García Hololavsky, 2012).

Las normas oficiales mexicanas, son regulaciones técnicas de observancia obligatoria que establecen reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado (Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 2009).

La Comisión Nacional del Agua, por conducto del Comité Consultivo Nacional del Sector Agua, elabora las normas oficiales mexicanas sobre la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales enunciados en el artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales, a fin de que sean expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y así garantizar el derecho que toda persona tiene al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible, consagrado en el artículo 4º Constitucional (CONAGUA, 2015).

Algunos ejemplos de normas oficiales mexicanas que aplican para determinar la calidad de agua de un sistema hídrico se enlistan a continuación:

1. NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
2. NOM-002-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
3. NOM-003-SEMARNAT-1997. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
4. NOM-014-SSA1-1993 "Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano, en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados".
5. NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
6. NOM-112-SSA1-1994. Determinación de bacterias Coliformes. Técnica del número más probable.

3. HIPÓTESIS

El agua contenida en la presa La Purísima en el Estado de Guanajuato, presenta una contaminación “moderada” en la calidad de agua desde la perspectiva microbiológica y físico-química para su utilización en el riego o para contener vida acuática, por lo que en sus propiedades físico-químicas existen variaciones en los sitios de muestreo en los parámetros CT, DBO, DQO y ST, debido a la descarga de aguas urbanas, industriales y escurrimiento naturales.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del agua presente en la presa La Purísima en el estado de Guanajuato, para uso agrícola o para contener vida acuática a través de la determinación de diferentes ICA's e ICO's.

4.2 Objetivo específicos

1. Determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, del agua de la Presa La Purísima, aplicando las técnicas y procedimientos de las Normas Mexicanas vigentes.
2. Determinar la calidad del agua en función de los ICA's (ICA-León, ICA-DINIUS, ICA-NSF) e ICO's (ICOMO, ICOMI, ICOSUS, ICOpH).
3. Determinar el efecto microbiológico del agua en peces de la presa La Purísima.

5. METODOLOGÍA

5.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el ANP de la presa La Purísima y su zona de influencia. Se localiza en la región centro del estado, en la parte suroeste del municipio de Guanajuato, Guanajuato, sus coordenadas geográficas están entre los 20°51'43" de Latitud Norte y 101°17'10" de Longitud Oeste, con una variación altitudinal entre los 1,800 msnm, en la zona del canal de desfogue y los 1,960 msnm, en la parte superior del cerro "El Sombrero". Colinda al Norte con las comunidades "El Limón" y "Ciénega del Pedregal", al Sur con las comunidades de "El Zangarro" y "El Coyote", al Este con las comunidades de "San José de Gracia" y "La Trinidad", y al Oeste con las comunidades de "El Capulín" y "Cañada de Bustos" (IEE, 2007).



Figura 1. Macrolización de la Presa La Purísima (SIATL, 2013).

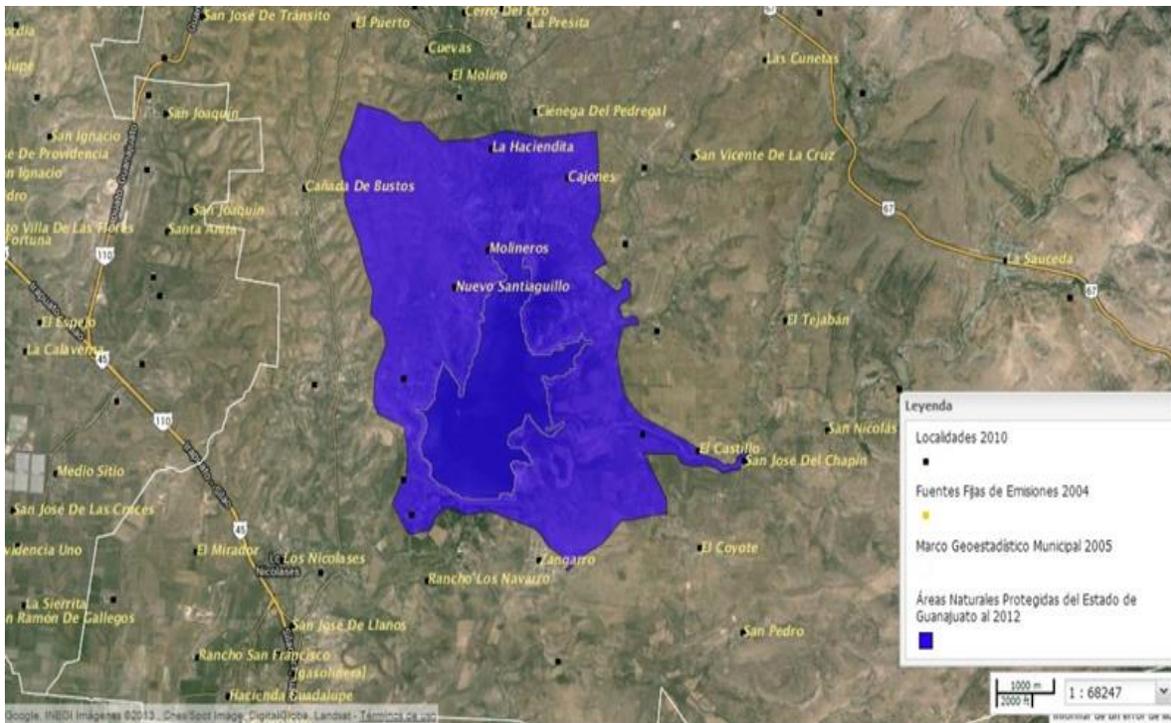


Figura 2. Localización de la Presa La Purísima y su zona de influencia (IEE, 2007).

5.2 Clima

La presa tiene un clima árido seco con lluvias en verano. Una oscilación térmica de entre 14°C y 21°C, en mayo, el mes más cálido se registran temperaturas entre los 23°C y 24°C; mientras que en enero es el mes más frío, fluctúa de los 15°C a 16°C. Su intervalo de precipitación anual es de 500 a 800 mm (Navarro, *et al.*, 2004; INECC, 2003; IEE, 2007).

5.3 Tipo de suelo

La subcuenca La Purísima, de acuerdo con su topografía, que no es sencilla, ni uniforme, puede dividirse en tres regiones fisiográficas: Sierra de Guanajuato, Lomerío y Planicie, y Sierra Misterio del Chorro, formadas por rocas de origen volcánico, metamórfico, sedimentario y aluvial. Ambas conforman un paisaje accidentado. Los suelos dominantes son ricos en materia orgánica y son aptos para la vida silvestre, forestal y para prácticas de agricultura limitada (Medina, *et al.*, 2007).

El terreno del ANP está conformado por zonas de pendientes suaves con rellenos aluviales presentes en el río Guanajuato y el arroyo “La Trinidad”; el resto del área es de naturaleza sedimentaria formada por conglomerados de areniscas, que han sido suavemente labrados por los escurrimientos que fluyen hacia la zona donde actualmente se encuentra la presa La Purísima (IEE, 2007).

5.4 Vegetación

La presa La Purísima cuenta con cinco tipos de vegetación (IEE, 2007):

- a) Selva baja caducifolia, ubicado en el cerro “El Sombrero” y en los acantilados de los arroyos “La Trinidad” y “Chapín”, con especies representativas como: acebuche (*Forestiera phillyeroides*), bursera (*Bursera fagaroides*), pochote (*Ceiba aesculifolia*), palo blanco (*Albizia plurijuga*), garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) y tepehuaje (*Lisyloma sp.*).
- b) Matorral crasicaule, que se ubica en la ladera suroeste del arroyo “La Trinidad” y en las laderas norte y sur del arroyo “Chapín”, intercalados con campos de cultivo, con especies representativas como el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), nopal (*Opuntia spp.*), huizaches (*Acacia farnesiana* y *Acacia schaffneri*), casahuate (*Ipomoea murucoides*), granjeno (*Condalia velutina*) y solimán (*Croton ciliatoglandulifer*).
- c) Matorral espinoso, ubicado al noreste de la presa La Purísima, cerca de la comunidad de Cajones y en pequeñas áreas esparcidas hacia el oeste entre los poblados de Nuevo Santiaguillo y Santiaguillo, así como en el poblado El Resbalón, al suroeste con especies representativas como mezquite (*Prosopis laevigata*), nopal (*Opuntia spp.*), granjeno (*Condalia velutina*) y huizache (*Acacia farnesiana*).
- d) Vegetación de galería a lo largo de las corrientes de agua.

e) Pastizales que se encuentran en laderas suaves y terrenos planos, con especies representativas como los pastos (*Bouteloua sp.*, y *Polygonum sp.*) en diferentes estados de conservación.

5.5 Fauna

Se reportan para el ANP de la presa La Purísima y su zona de Influencia un total de 252 especies de vertebrados, de los cuales 202 son aves, 18 mamíferos, 2 anfibios, 20 reptiles y 10 peces. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, están listadas cuatro especies de aves: avetoro americano (*Botaurus lentiginosus*), águila real (*Aquila chrysaetos*), halcón aplomado (*Falco femoralis*) y halcón pradeño (*Falco mexicanus*), que se clasifican como amenazadas no endémicas; una amenazada endémica, es el pato mexicano/pato triguero (*Anas platyrhynchos diaz*); y ocho bajo protección especial no endémicas: aguililla de harris (*Parabuteo unicinctus*), aguililla pechirroja (*Buteo lineatus*), aguililla de swainson (*Buteo swainsoni*), aguililla aura (*Buteo albonotatus*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), rascón real (*Rallus longirostris*), rascón de virginia (*Rallus limicola*) y el búho campestre (*Asio flammeus*) (IEE, 2007).

Con relación a los anfibios y reptiles, la rana montezumae (*Lithobates montezumae*), la víbora de cascabel (*Crotalus polystictus*) y las dos especies de tortugas casquito (*Kinosternon integrum* y *Kinosternon hirtipes*) se encuentran bajo protección, en especial siendo la última no endémica; la falso coral (*Lampropeltis mexicana*), el alicante (*Pituophis deppei*) y la culebra negra (*Nerodia melanogaster*) se reportan como amenazadas endémicas; y la culebra de agua (*Thamnophis eques*), como amenazada no endémica (IEE, 2007).

5.6 Diseño de la investigación

Primera Etapa: Se determinaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos al cuerpo de agua; tomando como base los de mayor importancia para la calidad del

agua y consecuencias en la salud de los seres humanos. Así mismo se determinaron los parámetros microbiológicos en los peces.

Segunda Etapa: Se establecieron los puntos geográficos de la presa La Purísima para la toma de análisis.

Tercera Etapa: Se realizaron las determinaciones de cada uno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos establecidos a cada una de las muestras colectadas con base a las Normas Oficiales Mexicanas; y posteriormente se analizaron para obtener los resultados correspondientes. En la Figura 3 se presenta el esquema que incluye de manera global el trabajo realizado en esta investigación.

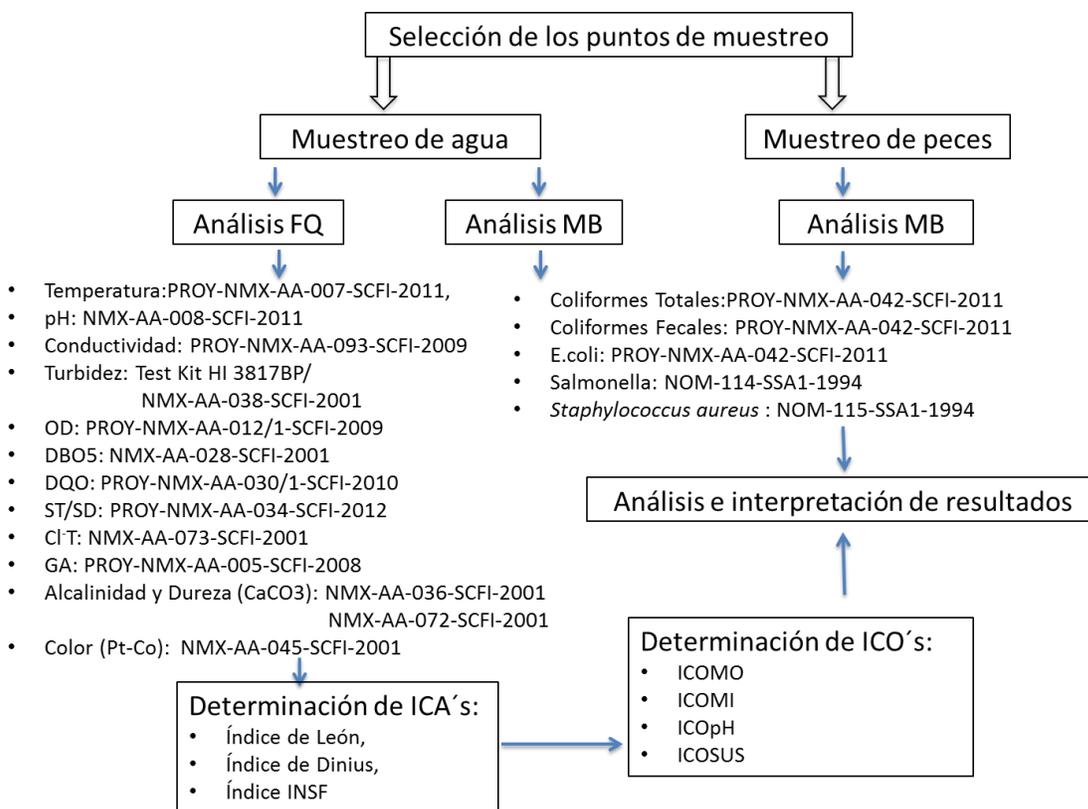


Figura 3. Análisis físico-químicos (FQ), análisis microbiológicos (MB)

5.7 Trabajo de campo

Se realizó un recorrido de campo en toda la superficie para realizar el muestreo del agua en los diferentes puntos que abarca la Presa La Purísima. Estas muestras se tomaron con base a la Norma Mexicana (NMX-AA-014-1980), la cual establece que el muestreo en lagos, lagunas, presas y embalses de tal manera que este representa las condiciones particulares del cuerpo receptor, debiéndose tomar muestras en la parte superior, media o inferior, según el protocolo de colecta.

Con base en lo anterior se estableció una red de muestreo conformada por seis puntos de la presa, tratando de cubrir la mayor superficie de dicho cuerpo de agua. Dichas zonas se describen en la Tabla 6 y se presentan gráficamente en la Figura 4.

Tabla 6. Localización geográfica de las zonas de muestreo en la Presa La Purísima.

Zona	Nombre	Latitud	Longitud
1	Compuerta	20°52'03.3"	101°17'14.1"
2	El Sombrero	20°53'00.5"	101°16'28.1"
3	Rio Cubo	20°52'41.1"	101°16'25.6"
4	El Capulín	20°52'40.1"	101°17'21.0"
5	Rio Guanajuato	20°53'20.2"	101°16'45.4"
6	Centro	20°52'41.2"	106°16'51.6"



Figura 4. Localización geográfica de las zonas de muestreo en la Presa La Purísima.

5.8 Establecimiento de las profundidades por punto a muestrear

Para este fin se realizó un reconocimiento de la profundidad en cada uno de los seis puntos de la presa destinados a analizar. El reconocimiento se llevó a cabo en los meses de noviembre-diciembre del 2013 y de acuerdo a los datos obtenidos de las profundidades globales se estableció la profundidad de muestreo puntual para cada zona, en el punto medio de profundidad.

Se puede apreciar que los puntos que tienen una mayor profundidad son el Centro (8.5 m), la Compuerta (7.5 m), el Capulín (4.5 m), el Sombrero (3.5 m) y el Río Cubo (3 m), (Tabla 7).

Tabla 7. Identificación de profundidades de muestreo en la presa La Purísima.

Muestreo en Agua		
Zona	Profundidad global (m)	Profundidad del muestreo (m)
Compuerta	15	7.5
Sombrero	7	3.5
Río Cubo	6	3
El Capulín	9	4.5
Río Gto.	2	1
Centro	17	8.5

5.9 Muestreo de agua

Se recolectaron muestras simples e independientes de un litro, en frascos de polietileno, empleando una botella Van Dorn como recipiente muestreador, para cada uno de los análisis. Para las determinaciones de grasas y aceites se empleó HCl hasta pH<2 y una temperatura de 4°C; el H₂SO₄ fue el conservador para las determinaciones de la DQO hasta llegar a un pH<2 y manteniendo a una temperatura de 4°C, en las determinaciones de la DBO₅, sólidos suspendidos y sales disueltas así como cloruros solo fue necesario mantener a una temperatura de 4°C para su manejo y conservación. Todas las determinaciones fisico-químicas y microbiológicas que no se realizaron *in situ* y que fueron determinadas para el

agua se llevaron a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI) en los laboratorios de química y microbiología respectivamente.

5.10 Muestreo de los peces

En cada punto se realizaron en promedio 10 lances con atarraya por espacio de dos horas. La atarraya utilizada fue de 1.50 m de longitud y 1 cm de abertura (luz) de malla. Las muestras obtenidas de peces se colocaron en bolsas plásticas debidamente identificadas y se guardaron en un recipiente con aislamiento térmico conteniendo hielo a una temperatura aproximada de 4°C para su traslado al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI). El tiempo transcurrido entre la captura y el procesamiento del material biológico no sobrepasó las cuatro horas. El criterio de selección de los ejemplares de peces capturados para someterla a los análisis microbiológicos fue su presencia y abundancia en los puntos de muestreo. Se colectaron dos ejemplares por punto de muestreo.

5.11 Determinación de temperatura y pH

La determinación de la temperatura del agua se realizó *in situ* de acuerdo a la norma PROY-NMX-AA-007-SCFI-2011, la cual establece el método para determinar la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Para determinar el pH se utilizó el potenciómetro modelo HANNA HI98127.

5.12 Determinación de turbidez y color.

La determinación de la turbidez se realizó *in situ* de acuerdo al Test Kit para la Calidad del Agua HI 3817BP, de Hanna. Dicha determinación se realizó *in situ* utilizando el disco de Secchi, un círculo de 20 cm de diámetro, dividido en cuadrantes pintados alternadamente de negro y blanco, atado a una cuerda graduada. El disco se sumergió del lado sombreado de la embarcación hasta que dejó de verse, se registró la profundidad y se regresó a la superficie nuevamente.

Luego se promediaron estas dos medidas (desaparición con disco descendiendo y aparición en ascenso) para obtener una medida dependiente de la transparencia del agua. Para la determinación de turbidez por NTU (Unidad nefelométrica de turbidez) se utilizó como referencia la norma NMX-AA-038-SCFI-2001.

El procedimiento de esta norma se realizó de la siguiente manera: se permitió que la muestra refrigerada alcance la temperatura ambiente antes de que se realizará el análisis. Se homogenizó la muestra, y se calibró el equipo de acuerdo a las especificaciones del proveedor, llenando la celda con muestra. La celda se encontraba previamente limpia, para evitar errores en la lectura. El equipo utilizado fue el equipo Hanna HI 98703.

La determinación de color platino cobalto (Pt- Co) en aguas naturales, residuales y residuales tratadas tiene como referencia la norma NMX-AA-045-SCFI-2001; esta se determinó por el color aparente, bajo el siguiente procedimiento: llenando un tubo Nessler o similar hasta la marca de 50 ml y se comparó con las disoluciones intermedias. Si el color excedía las 70 unidades, se diluyó la muestra con agua destilada en proporciones conocidas hasta que el color fue menor de 70 y mayor de 20 unidades Pt-Co.

5.13 Determinación de oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y determinación de la demanda química de oxígeno (DQO).

La determinación de OD se realizó *in situ* de acuerdo a la norma PROY-NMX-AA-012/1-SCFI-2009, El equipo utilizado para la medición de oxígeno disuelto fue el equipo HANNA HI 9143.

Mientras para determinar la DBO₅ se realizó de acuerdo a la norma NMX-AA-028-SCFI-2001, y el método utilizado de acuerdo a esta norma, fue el electrométrico, empleando el equipo HANNA HI839800 para la digestión y el fotómetro C214 con

viales HI93754A-25 LR (0 a 150 mg/L), HI93754B (0-1500 mg/L). La determinación de la DQO se efectuó bajo las disposiciones especificadas en la norma PROY-NMX-AA-030/1-SCFI-2010, esta se determinó a través del método de reflujó abierto o método de titulación.

5.14 Determinación de los sólidos totales (ST) y sales disueltas (SD)

La determinación de los ST y SD se efectuó bajo las disposiciones especificadas en la norma PROY-NMX-AA-034-SCFI-2012, la cual establece el método de prueba para determinar los sólidos totales y las sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. La determinación se realizó de la siguiente manera: llevar a peso constante las cápsulas de porcelana utilizadas, así como los crisoles gooch (estos deben de llevar un filtro de fibra de vidrio con la cara rugosa hacia arriba y se deben humedecer para asegurar que pueden adheridos al crisol), bajo una temperatura de $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ en una mufla, por 20 minutos como mínimo. Después de este tiempo se colocó en la estufa a $103^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$ aproximadamente durante 20 minutos. Posteriormente se colocó en un crisol para que se enfríen a temperatura ambiente y una vez fríos se registró el peso. Se consideró peso constante, en el peso registrado cuando no hay variación mayor a 0.5 miligramos. Antes de procesar la muestra esta se debe exponer a temperatura ambiente y ser homogenizada.

Para la determinación de sólidos totales (ST), se tomaron 100 ml de la muestra y se transfieren a la cápsula de porcelana. Posteriormente las muestras se llevaron a la estufa a $103^{\circ}\text{C}-105^{\circ}\text{C}$ hasta obtener un peso constante. Luego se calculó el contenido de sólidos totales de las muestras con la fórmula sigue:

$$\text{ST} = (\text{G1} - \text{G}) * 1\ 000 / \text{V}$$

Dónde:

ST son los sólidos totales, en mg/L;

G1 es el peso de la cápsula con el residuo, después de la evaporación, en mg;

G es el peso de la cápsula vacía, en mg a peso constante, y

V es el volumen de muestra, en ml.

Para la determinación de las sales disueltas (SD) fue necesario calcular los sólidos suspendidos totales (SST) de la siguiente manera: se colocaron de 25 ml de la muestra homogenizada en el crisol gooch preparado anteriormente aplicando vacío, se lavó el disco tres veces con 10 ml de agua, dejando que el agua drene totalmente en cada lavado. Se suspendió el vacío y seco el crisol en la estufa a una temperatura de 103°C a 105°C durante una hora aproximadamente. Finalmente el crisol se dejó enfriar en un desecador a temperatura ambiente hasta obtener el peso constante y registrar el peso final. Para calcular el contenido de SST de las muestras se tomó en cuenta el siguiente modelo:

$$SST = (G4 - G3) * 1000 / V$$

Dónde:

SST son los sólidos suspendidos totales, en mg/L;

G3 es el peso del crisol con el disco a peso constante, en mg;

G4 es el peso del crisol con el disco y el residuo seco, en mg, y

V es el volumen de muestra, en ml.

Por su parte las sales disueltas se calculan de la siguiente manera:

$$SD = ST - SST$$

Dónde:

SD son las sales disueltas totales, en mg/L

ST son los sólidos totales, en mg/L

SST son los sólidos suspendidos totales, en mg/L

5.15 Determinación de cloruros totales (Cl⁻T) y determinación de grasas y aceites (GA)

La determinación de cloruros se llevó a cabo bajo las disposiciones de la norma NMX-AA-073-SCFI-2001, la cual establece el método de prueba para determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. El procedimiento es el siguiente: utilizando un volumen de muestra de 100 ml, se ajustó el pH entre 7 y 10; si la muestra tenía mucho color, se añadió de 3 ml a 5 ml de la suspensión de hidróxido de aluminio. Se mezcló, dejando sedimentar y se filtró con papel filtro cualitativo.

Posteriormente se adicionó 1 ml de disolución indicadora de cromato de potasio y se valoró con la disolución patrón de nitrato de plata hasta observar el vire (cambio) del color amarillo a naranja rojizo, manteniendo un criterio constante en el punto final. Realizado un blanco con las muestras. Para calcular la concentración de iones Cloruro en la muestra original, en mg/L se realizó con el siguiente modelo:

$$\text{Cl}^- \text{ mg /L} = [(A - B) \times N \times 35,450] / \text{ml de muestra}$$

Dónde:

A son los ml de disolución de nitrato de plata gastados en la valoración de la muestra; B son los ml de disolución de nitrato de plata gastados en la valoración del blanco, y; N es la normalidad del nitrato de plata.

La determinación de grasas y aceites (GA) se llevó a cabo bajo la norma PROY-NMX-AA-005-SCFI-2008, esta establece el método para la determinación de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. El procedimiento se describe a continuación: Se ajustó el pH de la muestra a dos o menor a dos. Se Prepararon los matraces de extracción introduciéndolos al horno a una temperatura de $103 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, se enfriaron en desecador y se pesaron, se repitió el procedimiento hasta obtener una diferencia menor a 5 miligramos.

Se preparó el material filtrante colocando un papel filtro en el embudo Büchner, colocando el embudo en un matraz Kitazato y se agregaron 100 ml de la suspensión de tierra de diatomeas-sílice sobre el filtro, se aplicó vacío y se lavó con al menos 100 ml de agua. Posteriormente se transfirió el total de la muestra acidificada al embudo Büchner preparado, aplicando vacío hasta que cesó el paso de agua. Con ayuda de unas pinzas, se transfirió el material filtrante a un cartucho de extracción, limpiando las paredes internas del embudo y el frasco contenedor de la muestra, así como la contratapa del frasco con trozos de papel filtro o algodón previamente impregnados de disolvente (hexano), teniendo cuidado en remover la película de grasa y los sólidos impregnados sobre las paredes. Luego se colocaron los trozos de papel o algodón en el mismo cartucho dejando secar el cartucho en el horno a $103\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, por un periodo de 30 minutos mínimo. Transcurrido este periodo se colocó en el equipo de extracción adicionando el volumen adecuado de hexano al recipiente de extracción previamente puesto a masa constante y posteriormente preparar el equipo evitando tocar con las manos el cartucho y el recipiente de extracción, para ello se utilizaron pinzas o guantes de látex. Se colocó el equipo sobre la parrilla de calentamiento, controlando la temperatura del reflujo y se extrajo a una velocidad de 20 ciclos/hora durante un periodo de 4 horas. Después se contabilizó a partir del primer reflujo del n-hexano en el equipo de extracción. Una vez terminada la extracción, se recuperó la mayor cantidad del disolvente y se evaporó el remanente. El recipiente de extracción libre de disolvente se colocó en el desecador hasta que alcanzó la temperatura ambiente. Se pesó el recipiente y por diferencia de masa se midieron las grasas y aceites recuperables. Se analizó también un blanco de reactivo bajo las mismas condiciones de la muestra y se calcularon las grasas y aceites recuperables en la muestra usando la siguiente ecuación:

$$GA = ((m_f - m_i)/V_m) - \text{Blanco}$$

Dónde:

GA = grasas y aceites recuperables, en mg/L;

m_f = masa del recipiente de extracción con el residuo, en mg;

m_i = valor de la masa constante del recipiente de extracción vacío, en mg;

V_m = volumen de la muestra, en L, y Blanco = es el valor del blanco de reactivo, en mg/L.

5.16 Determinación de alcalinidad y dureza (CaCO₃)

La determinación de alcalinidad se llevó a cabo bajo la norma NMX-AA-036-SCFI-2001. Este método de prueba determina la acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, realizándose de la siguiente manera: se transfirieron 100 ml de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml y se le adicionaron 2 gotas de disolución indicadora de fenolftaleína. Se titularon con la disolución valorada de ácido sulfúrico (0,02 N) hasta el vire de la fenolftaleína (de rosa a incoloro), se registraron los mililitros gastados (alcalinidad a la fenolftaleína). Se adicionaron dos gotas de la disolución indicadora de naranja de metilo. Se continuó con la titulación hasta alcanzar el vire del naranja de metilo (de canela a amarillo), alcalinidad total. Se registraron los volúmenes para ambos puntos finales y se calculó la alcalinidad, tomando en cuenta el vire de los indicadores.

$$\text{Alcalinidad total como CaCO}_3 \text{ en mg/L} = (A \cdot N) / 100 \cdot (50) \cdot (1\ 000)$$

Dónde:

A = volumen total gastado de ácido en la titulación al vire del anaranjado de metilo en ml;

N = normalidad de la disolución de ácido;

100 = volumen de la muestra en ml;

50 = factor para convertir eq/L a mg CaCO₃/L, y

1000 = factor para convertir ml a L.

La determinación del parámetro de la dureza se realizó bajo la norma NMX-AA-072-SCFI-2001, que establece el método de prueba para la determinación de dureza en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Para ello se agregó en un matraz Erlenmeyer una alícuota de 25 ml de muestra de agua. Luego, se adiciono uno ó

dos mililitros de solución reguladora de amonios pH 9.2, hasta lograr obtener un pH de 10 a 10.1. Posteriormente se adicionó el indicador eriocromo negro T, hasta obtener una coloración rojo vino y se tituló la muestra con una solución de EDTA (0.01M) agitando continuamente hasta que desaparecieron los últimos matices rojizos. Se añadieron las últimas gotas con intervalos de 3 a 5 segundos. En el punto final la muestra cambio de color rojizo a azul. Se calculó la dureza en la muestra analizada como mg (miligramos) de CaCO₃/L. Se realizó una blanco en la determinación. Se calculó la dureza total como se indica en la siguiente ecuación:

$$\text{Dureza total expresada como CaCO}_3 \text{ (mg/L)} = ((A-B) * C * 1,000) / D$$

Dónde:

A = ml de EDTA gastados en la titulación en la muestra;

B = ml de EDTA gastados en la titulación en el blanco (si fue utilizado);

C = mg de CaCO₃ equivalentes a 1 ml de EDTA, y

D = ml de muestra.

5.17 Determinación de coliformes totales, fecales, *Escherichia coli*, *Salmonella sp* y *Staphylococcus aureus*, en aguas

Las determinaciones de los coliformes totales, fecales y *E. coli* se realizaron de acuerdo a lo estipulado en la norma PROY-NMX-AA-042-SCFI-2011. Ésta se evaluó por el número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y *E. coli* presuntiva, siendo esta norma aplicable para todo tipo de agua. Dicha determinación fue realizada en dos etapas. La primera de ellas se denomina como prueba presuntiva, donde se utilizó caldo lactosado para inocular en el las muestras e incubar a 37 °C durante 24 a 48 horas obteniéndose así el NMP de coliformes totales. Las determinaciones que resultaron positivas posteriormente se inocularon tanto en medio bilis verde brillante como en medio EC y se incubaron a 37°C y 44°C respectivamente durante 24 a 48 horas, para determinar el NMP de coliformes fecales y *E. coli*. Esta segunda etapa se conoce como prueba confirmativa.

La determinación de *Salmonella sp* y *S. aureus* se realizó bajo lo establecido en las normas NOM-114-SSA1-1994 y NOM-115-SSA1-1994 respectivamente. La determinación de *Salmonella* se realizó en cuatro etapas:

La primera de ellas es denominada como etapa de pre-enriquecimiento y se llevó a cabo la inoculación de la muestra en medio lactosado, se incubó a 37°C durante 24 horas.

La segunda etapa se denomina de enriquecimiento y consistió en inocular lo generado en la etapa de pre-enriquecimiento en diferentes medios como son caldo selenito-cistina, caldo Vassiliadis- Rappaport o caldo tetrionato, incubar a 37°C por 24 horas.

En la tercera etapa posterior al enriquecimiento, se desarrolló la etapa de selección en medios sólidos donde se inoculó lo obtenido en la etapa de enriquecimiento en diferentes medios como lo son en medio *Salmonella Shigella* (SS), medio xilosa lisina desoxicolato, medio verde brillante (VB), medio entérico de Hektöen (HE), medio sulfito bismuto (SB), esto se incubó a 37°C por 24 horas.

En la cuarta etapa denominada selección en medios sólidos, se desarrolló la etapa de identificación bioquímica que consistió en realizar diferentes pruebas bioquímicas a las colonias que den positivas de acuerdo a lo estipulado por el proveedor de cada medio de cultivo. Las bioquímicas sugeridas por la norma NOM-114-SSA1-1994 son agar hierro-triple azúcar (TSI) o agar hierro Kligler (KIA), agar hierro-lisina (LIA), caldo urea, medio sulfuro-indol-manitol (SIM), agar citrato de Simmons, caldo manitol, caldo malonato, caldo rojo de metilo-Voges Proskauer (RM-VP), caldo soya tripticaseína, agar infusión cerebro corazón. La incubación se realizó de acuerdo a las indicaciones del proveedor de cada medio, así como la interpretación de los resultados.

La determinación de *S. aureus* se realizó de acuerdo a lo establecido por la norma NOM-115-SSA1-1994 y consistió de tres etapas:

La primera de ellas consistió en el aislamiento selectivo, en el medio agar Baird Parker, incubando a 35 °C durante 45 a 48 horas.

La segunda etapa consistió en la recuperación de la cepa, este paso permitió restaurar las células dañadas de *S. aureus*, se utilizó la infusión cerebro corazón y se incubó a 35 °C durante 24 horas.

Finalmente se realizó la tercera etapa que consistió en la identificación bioquímica, de *S. aureus* realizando las pruebas bioquímicas, de termonucleasa y de coagulasa. La interpretación de los resultados se realizó de acuerdo a las indicaciones de los proveedores de los diferentes medios de cultivo y reactivos.

5.18 Determinación de coliformes totales, coliformes fecales, *E. coli*, *Salmonella* y *Staphylococcus aureus* en peces

El análisis realizado en los peces seleccionados, fue el recuento de coliformes totales y fecales, *E. coli*, *Salmonella* y *S. aureus* en el tracto digestivo, y en el tejido muscular adyacente a éste. Las muestras fueron tomadas de los peces mediante disección con bisturí estéril y suspendido en agua de dilución tamponada para ser agitada en un vaso estéril de acero inoxidable en licuadora. La suspensión resultante se utilizó como si fuera la muestra de agua y se procedió a realizar el procedimiento descrito en el proyecto de norma NOM-242-SSA1-2009.

El tiempo entre la generación de la muestra y el análisis de la misma no fue mayor a los 20 minutos, para evitar alteraciones o falsos positivos/negativos en función del factor tiempo.

5.19 Valoración de la calidad del agua a través de los Índices ICA's y ICO's.

Para evaluar estos índices se utilizó el Software ICATEST V.1.0 (Fernández *et al.*, 2004b; Fernández Parada y Solano Ortega, 2008), por medio del cual fue posible llevar a cabo un análisis comparativo a partir de la aplicación de los índices de la calidad del agua: DINUS, NSF y León, así como los índices de contaminación: ICOMO (índice de contaminación por materia orgánica), ICOMI (índice de contaminación por mineralización), ICOSUS (índice de contaminación por sólidos suspendidos) e ICOpH (índice de contaminación por pH). De acuerdo con la Tabla 8 se estableció el código de color que indica la calidad del agua, en función del rango en el que se encontró ubicado el índice determinado.

Tabla 8. Calidad del agua de acuerdo a los Índices de León, Dinius, NSF, ICOMO, ICOMI, ICOSUS, ICOpH.

LEÓN (1998)		DINIUS (1972)		NSF (1978)	Índices ICOMI, ICOMO, ICOSUS, ICOpH
PESCA	RIEGO	PESCA	RIEGO		
71-100 E - Pesca y vida acuática abundante.	91-100 E - No Requiere purificación	71-100 E - Pesca y vida acuática abundante.	91-100 E - No Requiere purificación	Excelente 91-100	Ninguna 0.0-0.2
60-70 A - Límite para peces muy sensitivos.	71-90 A - Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.	60-70 A - Límite para peces muy sensitivos.	71-90 A - Purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua.	Buena 71-90	Baja 0.2-0.4
50-59 LC - Dudosa la pesca sin riesgos de salud.	51-70 LC - Utilizable en mayoría de cultivos.	50-59 LC - Dudosa la pesca sin riesgos de salud.	51-70 LC - Utilizable en mayoría de cultivos.	Regular 51-70	Media 0.4-0.6
40-49 C - Vida acuática limitada a especies muy resistentes.	30-50 C - Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.	40-49 C - Vida acuática limitada a especies muy resistentes.	30-50 C - Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.	Mala 26-50	Alta 0.6-0.8
30-39 FC - Inaceptable para actividad pesquera.	20-29 FC - Uso sólo en cultivos muy resistentes.	30-39 FC - Inaceptable para actividad pesquera.	20-29 FC - Uso sólo en cultivos muy resistentes.	Muy Mala 25-0	Muy Alta 0.8-1.0
0-29 EC - Inaceptable para vida acuática.	0-19 EC - Inaceptable para riego.	0-29 EC - Inaceptable para vida acuática.	0-19 EC - Inaceptable para riego.		

6. RESULTADOS

6.1 Determinación de los parámetros fisicoquímicos en agua de la presa La Purísima.

Los resultados obtenidos en los parámetros físico-químicos determinados a cada uno de los puntos en los que se dividió el área de estudio, se presentan en valores promedio, ya que se tomaron dos lecturas para cada punto de muestreo (Tabla 9). Los resultados se compararon con lo establecido por la norma vigente NOM-001-ECOL-1996. El nivel deseable de cada uno de los parámetros evaluados se determinó considerando la calidad del agua apropiada para uso agrícola y para acuicultura. De acuerdo a los criterios ecológicos de la calidad del agua CE-CCA-001-89, esta no cuenta con todos los límites máximos permisibles (LMP) para varios de los parámetros analizados, por lo que se realizó una revisión de criterios de referencias que apliquen para el uso del agua señalado y valores típicos en cuerpos de agua, además de considerar lo propuesto por Guzmán-Colis, *et al.*, (2011); Calle-Pinzón, *et al.*, (2012); Osman, *et al.*, (2010).

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los parámetros analizados.

Respecto a la temperatura, en el punto denominado como Compuerta se registró el valor menor (19.8 °C), mientras que en el Capulín se registró el valor mayor (20.2 °C). En cuanto al pH, se tuvieron valores de 9 en los puntos Compuerta, Sombrero, el Capulín y pH de 8 en los puntos Río Cubo, Río Gto., y Centro.

Para el valor de OD, se obtuvo un valor de 7.5 en el Capulín y un valor de 8 para el punto del Río Cubo; para DBO₅ se encontró en un rango de 4 mg/L en Compuerta y Río Cubo en comparación con Río Gto que tuvo 7 mg/L, mientras que para el DQO se registraron valores en un rango de 19 mg/L para el Río Cubo y 25 mg/L para el Río Gto.

Para las GA se encontró un valor de 27 mg/L en el sitio el Capulín y de 34 mg/L en el Sombrero.

En los ST, se registró el valor máximo en el Río Guanajuato (251 mg/L) y el valor mínimo en el Río Cubo (167 mg/L); los SST presentaron el valor máximo en el Capulín (102 mg/L) y el valor mínimo en Río Cubo (58 mg/L); mientras que los SDT presentaron el máximo valor en el sitio Río Guanajuato con 182 mg/L y el valor mínimo en la Compuerta (95 mg/L).

Con respecto a la conductividad, el sitio Río Cubo tuvo un valor mayor de 505 μS y en la Compuerta el menor valor (485 μS) vs Río Cubo; en los cloruros (Cl^-) el valor máximo se registró en Río Cubo (16 mg/L), mientras que el valor mínimo se registró en el Río Gto., (14 mg/L). La alcalinidad (CaCO_3) presentó el valor mayor en el Capulín (245 mg/L) y el valor menor en la Compuerta (181 mg/L). En el parámetro de dureza (CaCO_3), se registró el máximo valor en la Compuerta (150 mg/L) y el mínimo valor en el Río Guanajuato (100 mg/L). Finalmente la Turbidez osciló en un rango de 45 NTU (Río Cubo) a 55 NTU (Río Gto., y Centro), mientras que el color registrado fue de 30 Pt-Co (Compuerta, Río Cubo y el Capulín) a 40 Pt-Co (Río Gto., y Centro).

6.2 Determinación de parámetros microbiológicos en agua de la presa La Purísima.

Los resultados se compararon con lo establecido por la normatividad mexicana vigente. El nivel deseable de cada uno de los parámetros evaluados se determinó considerando la calidad del agua apropiada para uso agrícola y para acuicultura.

Los criterios ecológicos de la calidad del agua CE-CCA-001-89 y la NOM-001-ECOL-1996, no cuentan con todos los límites máximos permisibles (LMP) para varios de los parámetros analizados, por tanto se realizó una revisión de literatura de criterios de referencias que apliquen para el uso del agua señalado y valores típicos en cuerpos de agua. Se consideraron los propuestos por Guzmán-Colis, *et al.*, (2011); Calle-Pinzón, *et al.*, (2012); Osman, *et al.*, (2010)

Tabla 9. Parámetros físico-químicos en agua de la presa La Purísima.

	Compuerta	Sombrero	Río Cubo	El Capulín	Río Gto.	Centro	RIEGO Nivel o Intervalo deseable	VIDA ACUÁTICA Nivel o Intervalo deseable
pH	9	9	8	9	8	8	6.5-8.5	6-9
Temperatura (°C)	19.8	20.2	19.9	20.2	20	20.1	35	12-35
OD (mg/L)	7.6	7.8	8	7.5	7.6	7.8	5.5-8.0	5-15
OD %Sat	80	82	83	79	80	82	NR	NR
DBO ₅ (mg/L)	4	5	4	5	7	5	15	≤ 5
DQO (mg/L)	19	20	19	21	25	22	20	< 25
G y A (mg/L)	31	34	29	27	30	28	10	25
ST (mg/L)	175	210	167	210	251	200	NR	NR
SST (mg/L)	80	74	58	102	69	87	120	75
SDT (mg/L)	95	136	109	108	182	113	500	500
Conductividad (µS)	485	498	505	497	498	492	2000	750-2500
Cl ⁻ T (mg/L)	15	15	16	15	14	15	150	250
Alcalinidad CaCO ₃ (mg/L)	181	215	200	245	190	230	500	20-200
Dureza CaCO ₃ (mg/L)	150	118	123	145	100	132	500	50-300
Turbidez(NTU)	50	50	45	50	55	55	5	10 - 15
Color (Pt-Co)	30	35	30	30	40	40	NR	NR

Se puede apreciar que el punto que presenta una mayor carga microbiana es el denominado como Compuerta, dado que tiene una mayor cantidad de CT (340 NMP/100 ml), CF (150 NMP/100 ml), así como de *E. coli* (40 NMP/100 ml). Estos resultados también se observaron en el sitio el Sombrero, que presenta el valor más bajo para CT (46 NMP/100 ml), no obstante, representa el segundo valor más alto reportado para *E. coli* (17 NMP/100 ml). Por otra parte, el sitio Río Cubo es el que presenta valores menores tanto en CF (17 NMP/100 ml) como en *E. coli* (< 2). Los sitios Centro, Río Gto., y el Capulín, en términos generales se puede decir que tienen una carga microbiana similar dado que presentan valores muy parecidos, presentando valores para CT que van de 280 a 220 NMP/100 ml, para CF de 130 a 110 NMP/100 ml y para *E. coli* de 11 a 5 NMP/ml. En la Tabla 10 y 11 se muestra los resultados obtenidos de los parámetros microbiológicos en el agua de la presa La Purísima. En ninguno de los puntos analizados, se registró presencia de *Salmonella* o de *S. aureus* bajo las presentes condiciones de estudio (Tabla 12), tampoco se encontraron límites máximos permisibles de referencia.

Tabla 10. Parámetros microbiológicos de CT, CF y *E. coli*, en agua la presa La Purísima.

Zona	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	<i>E. coli</i> NMP/100 ml
Compuerta	340	150	40
Sombrero	46	33	17
Río Cubo	110	17	< 2
El Capulín	280	130	9
Río Gto.	220	110	11
Centro	240	120	5

Tabla 11. Valores de referencia para los parámetros biológicos.

PARÁMETRO	RIEGO Nivel o Intervalo deseable	VIDA ACUÁTICA Nivel o Intervalo deseable
Coliformes Totales NMP/100 ml	1000	200
Coliformes Fecales NMP/100 ml	100	100
<i>E. coli</i> NMP/100 ml	20	NR

NR= No referenciado

Tabla 12. Parámetros microbiológicos de *Salmonella* y *Staphylococcus aureus*, en agua de la presa La Purísima.

Zona	<i>Salmonella</i> / 25ml	<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/ml
Compuerta	Ausente	0
Sombrero	Ausente	0
Río Cubo	Ausente	0
El Capulín	Ausente	0
Río Gto.	Ausente	0
Centro	Ausente	0

6.3 Determinación de coliformes totales, fecales, *E. coli*, *Salmonella* y *Staphylococcus aureus* en peces en la presa La Purísima.

En la Tabla 13 se presentan los resultados microbiológicos obtenidos para los peces analizados provenientes de la presa La Purísima. Los resultados se compararon con lo establecido por la normatividad mexicana vigente: PROY-NOM-242-SSA1-2005 de productos y servicios, productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados, especificaciones sanitarias y métodos de prueba (Tabla 14). Cabe resaltar que en ninguno de los peces analizados, se registró presencia de *Salmonella* o de *S. aureus*.

Los peces que presentaron una mayor carga microbiana fueron los colectados en el punto denominado Río Cubo tanto para coliformes totales (5400 NMP/g), y coliformes fecales (700 NMP/g), así como para *E. coli* (170 NMP/g). Los peces colectados en el punto denominado el Sombrero fueron los que presentaron menor carga microbiana para coliformes totales (140 NMP/g), mientras que para coliformes fecales los valores más bajos los presentan los peces colectados en los puntos denominados el Sombrero y El Capulín (70 NMP/g). Para *E. coli* los valores más bajos fueron los registrados en el punto El Capulín (20 NMP/g), seguido por el Sombrero y el Río Gto., (50 y 60 NMP/g respectivamente).

Tabla 13. Coliformes totales, fecales y *E. coli* en peces de la presa La Purísima.

Zona	Coliformes Totales NMP/g	Coliformes Fecales NMP/g	<i>E. coli</i> NMP/g
Compuerta	630	260	90
Sombrero	140	70	50
Río Cubo	5400	700	170
El Capulín	260	70	20
Río Gto.	940	260	60
Centro	630	210	110
Zona	<i>Salmonella</i> / 25g	<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/g	
Compuerta	Ausente	0	
Sombrero	Ausente	0	
Río Cubo	Ausente	0	
El Capulín	Ausente	0	
Río Gto.	Ausente	0	
Centro	Ausente	0	

Tabla 14. Valores de referencia para los parámetros microbiológicos en pescado fresco.

PARÁMETRO	VIDA ACUÁTICA Nivel o Intervalo deseable
Coliformes Totales NMP/g	NR
Coliformes Fecales NMP/g	400
<i>E. coli</i> NMP/g	NR
<i>Salmonella</i> / 25g	Ausente
<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/g	Ausente

NR= No referenciado

6.4 Determinación de ICAs e ICOs en la presa La Purísima

En la Tabla 15 se presentan los resultados obtenidos para los ICAs e ICOs en la Presa de la Purísima. En dicha tabla se puede apreciar que la calidad del agua de acuerdo al ICA NSF, es buena (74.37 en el punto denominado el Río Cubo) y media (62.69 a 68.11 en el resto de los puntos). Con respecto al ICA LEÓN se establece

que en todos los puntos se requiere tratamiento para poder ser utilizada en la mayoría de los cultivos y la vida acuática es muy limitada a especies muy resistentes en función de los rangos alcanzados (43.53 a 49.13).

Por otra parte de acuerdo al ICA DINIUS, en todos los puntos analizados el agua con fines de riego se considera como levemente contaminada ya que es utilizable en la mayoría de los cultivos (60.49 - 66.84) y para pesca o vida acuática se considera como aceptable debido a que se encuentra en el límite para peces muy sensibles (60.49 - 66.84).

En lo referente a los índices de contaminación (ICOs), el de mineralización (ICOMI) es el que presenta de valores altos (0.738 en punto Río Gto) a valores muy altos (0.992 a 0.885 en el resto de los puntos).

La contaminación por materia orgánica es nula (0.19 a 0.18 en la Compuerta y Río Cubo) y de baja contaminación (0.206 a 0.247 en el resto de los puntos). La contaminación por sólidos suspendidos es desde de alta (0.733 en Río Gto., 0.610 en El Capulín y el Sombrero), a media (0.580 en el Centro, 0.505 en La Compuerta, 0.481 en Río Cubo). A su vez, la contaminación por pH va desde ninguna (Centro, 0.03; Río Cubo, 0.03; Río Gto., 0.03) hasta media (Compuerta, 0.49; Sombrero, 0.49; El Capulín, 0.49).

Tabla 15. Resultados de ICAs e ICOs en la presa La Purísima

Zona	ICA LEÓN		ICA NSF	ICA DINIUS		ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOpH
	Pesca	Riego		Pesca	Riego				
Compuerta	43.98	43.98	63.81	60.49	60.49	0.885	0.19	0.505	0.493
Sombrero	46.93	46.93	63.23	63.43	63.43	0.942	0.206	0.610	0.493
Río Cubo	49.13	49.13	74.37	66.84	66.84	0.917	0.18	0.481	0.030
El Capulín	43.53	43.53	62.69	60.05	60.05	0.992	0.216	0.610	0.493
Río Gto.	45.85	45.85	65.93	62.95	62.95	0.738	0.247	0.733	0.030
Centro	46.15	46.15	68.11	63.12	63.12	0.967	0.206	0.580	0.030

7. DISCUSIÓN

Aplicando lo propuesto por Dinus y NFS (Fernández y Solano, 2008), se considera la calidad de agua en función de 14 parámetros, estos divididos en ICA's y ICO's que se ubican en intervalo diferentes de acuerdo a cada característica evaluada. Dentro de los parámetros evaluados se encuentran la temperatura, ya que ésta es de suma importancia por su efecto en la vida acuática y por su utilización para riego. Como se puede observar en la Tabla 9, la temperatura del agua se encuentra entre 19.8 y 20.2 °C a lo largo de la cuenca. Éstos son valores normales, es decir, se encuentran dentro de un rango permitido de acuerdo a lo establecido en los límites máximos permisibles para agua de riego (35°C) y vida acuática (12-35°C) reportados en la Tabla 9, donde se recopilan los valores aceptables para dichos tipos de agua. Estos resultados permiten suponer que no se han dado incrementos considerables en la temperatura del cuerpo hídrico que pudiera traer como consecuencia incrementos en la evaporación y por ende disminución en el volumen total del agua y como consecuencia un incremento en la concentración de los contaminantes tanto de naturaleza orgánica como inorgánica (Whitehead, *et al.*, 2009).

El pH del agua se encuentra de igual manera dentro de un rango de 8 a 9, indica que dicha agua se puede utilizar para que se desarrolle la vida acuática, dado que los valores permisibles van de 6 a 9; por otro lado solamente en tres de los puntos (Río Cubo, Río Guanajuato y Centro) el agua se encuentra dentro del rango permitido para el riego con un valor de 8 donde los valores permisibles son de 6.5-8.5, mientras que tres de los puntos (Compuerta, Sombrero y EL Capulín) sobrepasan este límite con un valor de 9. Se puede establecer que estas aguas se encuentran dentro de un rango alcalino.

La mayoría de las aguas epicontinentales tienen un valor de pH que fluctúa entre 6.5 y 9.0 según Quiroz, *et al.*, (2010), notándose que los procesos biológicos se llevan a cabo principalmente en un intervalo de pH de 6.5 a 8.5 de acuerdo a Arce (2008), aunque puede haber factores importantes que interfieran en el pH. Este

valor está relacionado con la abundancia y desarrollo de algunos organismos acuáticos dependiendo de sus características.

El OD osciló entre 7.5 y 8 mg/L, lo cual indica que se encuentra dentro de los límites permisibles para el agua utilizada en riego (5.5 a 8.0 mg/L), así como para el agua con fines de mantener la vida acuática (5.0 a 15 mg/L), de acuerdo a lo registrado en la Tabla 9. Los resultados observados son similares a los reportados para otras presas analizadas a lo largo de la cuenca Lerma-Chapala, en el trabajo de Torres de la O (2007).

En la misma Tabla 9 se puede observar que los valores registrados para la DBO_5 se encuentran en un rango de 4 a 5 mg/L, en la mayoría de los puntos (Compuerta, Sombrero, Río Cubo, El Capulín y Centro) lo que indica que se trata de un agua levemente contaminada desde el punto de vista físico-químico, y de acuerdo a los valores de referencia puede ser utilizada para riego y para mantener la vida acuática en ella. Sólo en el punto denominado el Río Guanajuato, el valor de la DBO_5 fue de 7 mg/L pudiéndose establecer como utilizable para el riego, pero no es un punto donde se pueda desarrollar vida acuática; desde el punto de vista físico-químico el agua está contaminada. El comportamiento de la DQO fue similar al de la DBO_5 presentando valores en un rango de 19 a 20 mg/L en los puntos Compuerta, Sombrero y Río Cubo, lo que indica que esta agua puede ser utilizada para riego así como para el mantenimiento de la vida acuática, mientras que los puntos denominados El Capulín, Centro y Río Guanajuato presentaron valores de 21, 22 y 25 mg/L respectivamente, lo anterior indica que el agua es utilizable para riego pero no para el mantenimiento y desarrollo de la vida acuática de acuerdo a lo establecido por los intervalos deseables marcados en la Tabla 9.

Respeto de lo establecido por Hidalgo y Mejía (2010) la relación de DBO_5/DQO presenta un resultado que se encuentra en el rango de 0.21 a 0.28, lo que indica que los contaminantes que se encuentran en la Presa son de tipo inorgánicos o

dicho de otra manera son de naturaleza no biodegradable. De igual manera cuando se determina la relación de DQO/DBO₅, se obtiene un resultado que se encuentra dentro del rango de 3.58 a 4.75, lo que indica que la materia orgánica que se encuentra en la presa es de moderadamente a poco biodegradable.

Con respecto a los parámetros de ST, SST y SDT, la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los intervalos deseables para su uso como agua de riego, así como para mantener y preservar la vida acuática, excepto los puntos de Compuerta, Centro y El Capulín con valores de 80, 87 y 102 mg/L respectivamente. Para la determinación de SST sobrepasando el intervalo deseable para vida acuática (75 mg/L) en función con lo establecido en la Tabla 9. De acuerdo a la clasificación de las aguas el contenido de sólidos disueltos totales (SDT) propuesto por James, et al., (1982) (tomado de Martínez Suller, s.f), el agua de la presa La Purísima se encuentra en excelentes condiciones para ser utilizada para riego. De igual manera los otros dos parámetros relacionados con los sólidos (Conductividad y Temperatura), se encuentran en un rango similar a los encontrados en otros cuerpos hídricos reportados en el trabajo de Torres de la O (2007).

Los parámetros de conductividad, cloruros, dureza y alcalinidad, se encuentran dentro de los intervalos establecidos como adecuados para utilizar el agua tanto para riego, como para mantener y preservar la vida acuática, desde la perspectiva físico-química, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 9, los valores obtenidos el Centro Canario del Agua (CCA) establece que los valores obtenidos de conductividad eléctrica (200 a 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$), la mineralización que ocurre en el sistema es una mineralización media, mientras que el rango de dureza de 100 a 150 de CaCO_3 mg/L indica que el agua puede ser denominada de ligera a moderadamente dura, encontrándose en este rango los valores obtenidos en el presente estudio. Por otro lado, con base a los resultados obtenidos en la alcalinidad y de acuerdo al CCA se puede establecer que se trata de agua valorada con una dureza muy alta, dado que los resultados son mayores a 147.6 mg/L de CaCO_3 . Una alcalinidad alta en un cuerpo de agua proporciona una "barrera de

amortiguamiento" en caso de cambios súbitos en el pH, ayudando a hacer el ambiente más estable para la vida acuática. Si un cuerpo de agua tiene baja alcalinidad (poca capacidad de amortiguación), es susceptible a cambios rápidos en el pH a causa de la adición de ácidos o bases. La alcalinidad de las aguas naturales procede principalmente de carbonatos y bicarbonatos que se filtran del suelo y rocas. La piedra caliza es una fuente natural de alcalinidad conocida con el nombre químico de carbonato de calcio (CaCO_3) o carbonato de calcio y magnesio (CaMgCO_3). Los carbonatos y bicarbonatos son producidos cuando la piedra caliza se disuelve en el agua. Con respecto a las concentraciones encontradas en el sistema (14 a 16 mg/L) el CCA establece que el agua se debe clasificar como oligoclorurada es decir que las concentraciones de cloruros presentes en el sistema son bajas.

Por otra parte el parámetro de GA se encuentra por arriba de los intervalos deseables, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 9. Lo anterior indica que desde la perspectiva de este parámetro fisico-químico el agua no se encuentra en condiciones adecuada para su utilización en riego y/o mantenimiento y preservación de la vida acuática. La contaminación por grasas y aceites es un problema grave, ya que al no mezclarse con el agua, se extienden sobre la superficie afectando grandes extensiones de agua reduciendo la oxigenación además de absorber la radiación solar impidiendo la fotosíntesis.

La principal fuente de contaminación de grasas y aceites proviene según el Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas de Alianza por el Agua (s.f.), de los alcantarillados de origen municipal, industrial. Sin embargo, en mayor medida se debe a los sistemas ineficientes de los motores de barcos y lanchas de uso público e industrial. Lo anterior puede explicar el hecho de que los niveles de GA se encuentren elevados dado que los día 23 y 24 del mes de Octubre del 2013, se realizó el evento denominado como Nauticopa en la presa La Purísima, donde se realizan competencias entre lanchas de motor, por lo que es muy posible existiera derrame de GA al cuerpo de agua.

De acuerdo con Marín (2003), en embalses y lagos, el periodo de mezcla (invierno-primavera) viene caracterizado por una alta turbidez en la columna de agua, mientras que durante la estratificación térmica (verano-otoño) las aguas presentan baja turbidez. Lo anterior puede explicar porque los valores registrados para la turbidez se encuentran elevados presentándose en un rango de 45 a 55 NTU.

Murillo (2009), pone de manifiesto que existe una correlación del tipo lineal entre los SST y la T, siempre que los valores de la turbidez sean bajos o muy bajos (menores o iguales a 5 NTU). Sin embargo, cuando el valor de la turbidez es muy alto dicha correlación se pierde. Elevados niveles de turbidez pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y aumentar la demanda de cloro (Marcó, *et al.*, 2004).

Desde la perspectiva microbiológica en función de los coliformes totales (CT), la totalidad de los puntos analizados son adecuados para su utilización como agua de riego ya que estos presentan valores que van de los 340 NMP/100ml (Compuerta) hasta 46 NMP/100ml (Sombrero), encontrándose todos los valores reportados por debajo de los intervalos máximos permisibles (1000 NMP/100ml) de acuerdo a lo indicado en la Tabla 5. No obstante, dicha agua podría ser considerada como parcialmente adecuada para la vida acuática, dado que solamente los puntos de Sombrero (46 NMP/ml) y Río Cubo (110NMP/ml) se encuentran dentro de los límites permisibles para CT (1000 NMP/100ml).

Por otra parte en función de los coliformes fecales (CF), solamente dos de los puntos, el Sombrero (33 NMP/100ml) y el Río Cubo (17 NMP/100ml), son adecuados, de acuerdo a los límites máximos permisibles indicados en la Tabla 5, para poder ser utilizada el agua de la presa para riego y para la vida acuática (200 NMP/100ml y 100 NMP/100ml respectivamente).

Cabe resaltar que para *E. coli* sólo se tienen valores de referencia para el uso del agua en actividades de riego, encontrándose todos los puntos en intervalos por debajo (40NMP/100ml hasta <2 NMP/100ml) de los límites máximos permisibles (100 NMP/100ml) de acuerdo a lo señalado en la Tabla 5. Romero, *et al.*, (2010), establecen que la variación temporal de la concentración de *E. coli*, se puede atribuir a la fluctuación en los flujos de agua en el sistema hídrico analizado.

En un estudio realizado por Hernández, *et al.*, (2011), señalan que cuando se tienen resultados elevados o donde los parámetros se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos por las normatividades o legislaciones vigentes, tal y como se presentan en este estudio, queda en evidencia una contaminación reciente con material fecal, ya que las bacterias coliformes se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente y son capaces de sobrevivir solo por lapsos cortos de tiempo en las aguas.

De igual manera concordando con lo establecido por Álvarez, *et al.*, (2008), debe tomarse en cuenta que los valores obtenidos para CT y CF se encuentran fuera de los límites permisibles porque las aguas que se encuentran contenidas en la presa La Purísima, además de las de la captación pluvial, son todas aquellas que convergen en la presa La Purísima, provenientes de las descargas de diversas industrias, así como de la misma población aledaña. Los valores obtenidos tan elevados dan pauta a suponer que estas aguas no han recibido tratamientos previos o bien que si han recibido tratamientos, estos no han sido del todo eficientes para disminuir o eliminar la carga microbiana.

También es importante resaltar que la calidad del agua (ICAs) se ve relacionada con los índices de contaminación (ICOs). Así se pudo encontrar que desde la perspectiva del ICOMI, el cual a su vez se encuentra determinado en función de los parámetros de conductividad, dureza, y alcalinidad, que el agua se encuentra con una contaminación desde alta a muy alta.

Por su parte el índice ICOMO que es determinado en función de los parámetros de DBO, Coliformes fecales y oxígeno disuelto, arroja que el agua no se encuentra contaminada desde la perspectiva de materia orgánica, ya que el agua presenta valores correspondientes a un agua sin contaminación o con muy baja contaminación; este comportamiento se presenta de manera similar cuando se realiza el análisis para el ICOpH.

El ICOSUS que a su vez se encuentra relacionado con el parámetro de ST, revela que el agua se encuentra de levemente-contaminada a contaminada.

8. CONCLUSIONES

Podemos entonces establecer que la contaminación que presenta el agua de la presa La Purísima se encuentra estrechamente relacionada con los parámetros físico-químicos que indican presencia de contaminantes principalmente de naturaleza inorgánica y en menor medida, contaminantes de naturaleza orgánica o biológica.

Las grasas y aceites son uno de los parámetros que deben ser monitoreados de manera constante, dado que es el parámetro que se encuentra fuera de rango en todos los puntos monitoreados.

El agua presente en el cuerpo hídrico no posee la calidad adecuada para consumo humano directo, sin embargo, presenta una calidad mayoritaria (con dos índices a favor: NSF y DINIUS) de regular a buena para desarrollarse la vida acuática. Por otra parte presenta una calidad de regular a mala para ser utilizada en riego.

Es necesario realizar estudios de esta naturaleza en otras épocas del año para conocer el comportamiento de los contaminantes en el cuerpo hídrico y poder establecer el grado de contaminación a través del tiempo.

9. RECOMENDACIONES

En este trabajo es importante destacar que, desde el punto de vista microbiológico, no se han llevado a cabo los análisis necesarios en este cuerpo de agua para tener datos de comparación de la contaminación microbiana pasada y la contaminación microbiana reciente. Por lo cual este estudio sentaría las bases precedentes para poder determinar la calidad de este cuerpo de agua desde la perspectiva microbiológica. Además, no debemos olvidar que el agua de esta presa es utilizada por la población que vive en sus cercanías para el riego cultivos, así como el cultivo de peces y con fines recreativos como la Nauticopa. Por lo tanto, el uso de estas aguas implica un riesgo higiénico-sanitario para todas las personas que de forma directa o indirecta que emplean las aguas en diferentes actividades. Es por tanto necesario que se lleven a cabo estudios puntuales de los diferentes efluentes que desembocan en la presa La Purísima, para conocer e identificar el punto de origen de la contaminación. Así mismo, es necesario que se realicen estudios en diversas temporadas estacionales del año para conocer cuál es la dinámica de los microorganismos indicadores de dicho cuerpo hídrico e identificar los factores que favorecen su presencia.

La calidad microbiológica de la gran mayoría de los peces puede estar influenciada significativamente por el sistema de producción empleado, así como por la cantidad y calidad del agua de los estanques piscícolas (Pullela, *et al.*, 1998; tomado de García Macías, *et al.*, 2003), o de los cuerpos hídricos que los contengan. Dado que los peces y productos pesqueros son considerados como vehículos portadores de los microorganismos presentes en el agua, por lo que se hace necesario realizar los análisis correspondientes para garantizar que el producto es apto para el consumo humano. Los análisis realizados en este trabajo indican que los peces que habitan en la presa La Purísima, desde la perspectiva microbiológica son de buena calidad, ya que cumplen con los estándares establecidos por la Secretaría de Salud en la normatividad vigente correspondiente (NOM-242-SSA1-2009), con respecto a los coliformes fecales, *Salmonella* y *S. aureus*, quienes son los que se encuentran referenciados. Además, el único punto donde los peces colectados presentaron un

valor superior para coliformes fecales al estipulado por el límite permisible (400NMP/g), fue en el denominado Río Cubo (700NMP/g). De igual manera, el agua presente en la presa La Purísima presenta niveles aceptables de carga microbiana, existiendo una relación positiva entre los organismos coliformes del cuerpo receptor de agua y los peces que en ella habitan.

Lo anterior se puede encontrar estrechamente ligado con la determinación de los ICAs e ICOS en la presa La Purísima, donde se encontró por medio de este estudio que el agua tanto para uso agrícola (riego), como para pesca puede ser considerada con una calidad que va desde buena a mala dependiendo del punto analizado, sin encontrarse en ninguno de los extremos de la escala es decir sin llegar a estar extremadamente contaminada o tener una calidad excelente para los usos destinados para agua del cuerpo hídrico en cuestión.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad de agua CE-CCA-001/89. Diario Oficial de la Federación. 13 de diciembre de 1989.

Alais, C., Linden, G. (1990) Bioquímica de los alimentos. Editorial Masson. Segunda Edición. Barcelona.

Alianza por el Agua. (s.f.) Manual de depuración de Aguas Residuales Urbanas. Monograficos Aguas en Centroamérica. Recuperado de <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>

Alvaro Arcos Gloria. (2010). Evaluación de la calidad del agua, de la presa Loma Caliente Municipio de Morelia Michoacán. Tesis para obtener el Título Profesional de Biólogo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología. Morelia Michoacán México.

Álvarez J.P.A., Panta J.E.R., Ayala C.R., y Acosta E.H. (2008). Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. Información Tecnológica, Vol. 19(6): 21-32.

Arce, V.A.L. (2008). Muestreo y Preservación de grasas y aceites, y determinación en campo de pH, Temperatura y materia flotante. Edita: La Gerencia de Recaudación y Control de la Subdirección General de Administración del Agua; Comisión Nacional del Agua; La Coordinación de Tecnología Hidráulica; Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Editor: César G. Calderón Mólgora. Recuperado de:

http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Parametros_en_campo.pdf.

Aurazo de Z.M. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Capítulo 2. Aspectos biológicos de la calidad del agua. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú. pp:57-98

Atl: El portal del agua desde México. (2009). Legislación Nacional Hídrica. http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=684:legislacion-nacional-hidrica-&catid=55:leyes-y-reglamentos&Itemid=468

Barrenechea M.A. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I. Capítulo 1. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú. pp:3-54

Bautista O.A.L., Tovar S.J.L., Mancilla V.O.R., Magdaleno F.H., Ramírez A.C., Arteaga R.R., Vázquez P.M.A. (2013). Calidad Microbiológica del agua obtenida por condensación de la atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y Ciudad de México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 29(2):167-175. Recuperado de: <http://www.journals.unam.mx/index.php/rica/article/view/31907>

Bonilla-Hernández, M., Alejo-Iturvide, F. & Márquez-Lucio, M. A., 2015. Determinación de calidad de agua y estudio batimétrico en la presa La Purísima y la laguna de Yuriria del estado de Guanajuato. Jóvenes en la Ciencia, 2(1), pp. 16-20.

Calvo B.G. (2012). Nueva metodología para valorar la calidad de las aguas superficiales para su uso como clase 2 en Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 26, N° 2. pp: 9-19.

Castillo, S.A., Osorio, B.Y.Y., Vence, M.L.P. (2009). Evaluación de la Calidad Microbiológica y Fisicoquímica de Aguas Subterráneas Ubicadas en los Municipios de la Paz y San Diego, Cesar. Tesis para obtener el título profesional de Microbiólogo en la Universidad Popular del Cesar, Facultad Ciencias de la Salud Programa Microbiología Agroindustrial. Recuperado de:
<http://www.corpocesar.gov.co/files/EVALUACION%20MFQ.PDF>.

CEAG, 2017. Comisión Estatal de Agua de Guanajuato. [En línea]
Disponible: <http://agua.guanajuato.gob.mx/>

Centro Canario del Agua (CCA). (s.f). Mineralización (Conductividad, dureza, alcalinidad, iones). Recuperado de
[http://fcca.es/documentos/05_documentos_por_temas/Estandares%20de%20calidad%20de%20las%20aguas%20Tablas%20de%20estandares\(3\)/mineralizacion](http://fcca.es/documentos/05_documentos_por_temas/Estandares%20de%20calidad%20de%20las%20aguas%20Tablas%20de%20estandares(3)/mineralizacion)

CONABIO, 2017. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [En línea]
Disponible:
http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rh250kgw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2005). Lo que se dice del agua. Capítulo 3: El agua en México. Primera Edición, Editorial Talleres Gráficos de México.

CONAGUA/SIGA, 2017. Sistema de información geográfica del agua-CONAGUA. [En línea]
Disponible:
<http://siga.cna.gob.mx/mapoteca/regiones%20hidrologicas/mapareghidro.htm>

Consejo Consultivo del Agua A.C., 2017. El agua en Guanajuato. [En línea]
Recuperado de: <http://www.aguas.org.mx/sitio/publicaciones/el-agua-en-guanajuato/el-agua-en-guanajuato.pdf>

Fernández-Jáuregui, C. (2004). Presentación del Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. En 'Encuentros sobre el Agua'. Edita, UNESCO Etxea-Centro y UNESCO Euskal Herria. pp:4-13.
Recuperado de <http://www.ecopuerto.com/bicentenario/informes/EncuentrossobreelAgua.pdf>

Fernández N., Ramírez A., Solano F. (2004). Physico-Chemical Water Quality Indices - A Comparative Review. BISTUA: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas 19-30. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90320103>

Fernández Parada N.J., Solano Ortega Fredy. (2008). Índices de calidad (ICAs) y de Contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. Capítulo III del libro Índices de Calidad y de Contaminación del agua. Universidad de Pamplona, Colombia.

Flores, L.F., Scott, C. (2000). Superficie agrícola estimada mediante análisis de imágenes de satélite en Guanajuato, México. IWMI, Serie Latinoamericana No. 15. México, D.F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua. Recuperado de http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Latin_American_Series/pdf/15_1.pdf

García Flores, M. E. & Zanor, G. A., 2017. Evaluación de la contaminación por elementos traza en sedimentos de la presa La Purísima (Guanajuato). Jóvenes en la Ciencia, 2(1), pp. 475-479.

Hendricks D.W. (1984). Impactos de las represas en la calidad del agua. Capítulo 11. En las Represas y sus efectos sobre la salud. Parte II. Editor, Schorr S.T. Edición realizada por el Centro Panamericano de Ecología Humana y de Salud (ECO) que pertenece al programa de Salud Ambiental (HPE) de la Organización Panamericana de la Salud y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) pp. 129-157.

Hernández J., Espinoza Y., Malpica L., De Jesús M. (2011). Calidad del agua de riego y parámetros microbiológicos y químicos del suelo de la zona agrícola de Barbacoas, estado Aragua. Rev. Fac. Agron. 37(1): 1-10.

Hicks, J. C. R., 2005. Quinto informe de gobierno. Núcleo social, pp. 56-63.

Hidalgo S.M. y Mejía Á.E. (2010). Diagnóstico de la Contaminación por Aguas Residuales Domésticas, Cuenca Baja de la Quebrada la Macana, San Antonio de Prado. Municipio de Medellín. Monografía de Investigación Aplicada para optar el título de Especialistas en Gestión Ambiental. Universidad de Antioquia Facultad de Ingeniería.

IEE: Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. (2007). Resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida en la Categoría de Área de Uso Sustentable Presa “La Purísima” y su Zona de Influencia. Publicado el 5 de Junio del 2007, en el Periódico Oficial del Estado de Guanajuato, pp:3-21. Recuperado de:

http://ecologia.guanajuato.gob.mx/areas_naturales/zonas/prog_manejo_presapuris_ima.pdf

INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2003). Diagnóstico bio-físico y socio-económico de la cuenca Lerma-Chapala. Dirección de Investigación, de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas.

García Hololavsky R. (2012). Manual de prácticas de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

García M.J., Núñez G.F.A., Chacón P.O., Alfaro R.R.H. y Espinosa H.M.R. (2003). Estudio microbiológico de tejido superficial de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y del agua circundante. *Hidrobiológica* 13(2): 111-118.

Guzmán-Colis G., Ramírez-López, EM, Thalasso, F, Rodríguez-Narciso, S, Guerrero-Barrera, AL, y Avelar-González, FJ. (2011). Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes. *Universidad y ciencia*, 27(1), 17-32.

Ley Federal sobre Metrología y Normalización. (2009). Diario Oficial de la Federación 30 de Abril del 2009.

<http://www.cofemer.gob.mx/documentos/marcojuridico/LEYES/lfnm.pdf>

Marcó L., Azario R., Metzler C., GARCIA M. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadoras a partir de fuentes superficiales. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4: 72-82.

Marín G.R. (2003). *Fisicoquímica y Microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas*. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Doña Juana I de Castilla, 22. Madrid España. pp:11-12.

Martínez S.L. (s.f.). Estudio de la calidad agronómica del agua de riego de las islas baleares. Recuperado de:

http://dgrechid.caib.es/www/doc/AIGUES_SUBTERRANIES_1.pdf

Medina, M., Rivera R., Wruck S., Gómez G., Cortés T., Viramontes P., Palma M., Olvera S. y Marcia Y. (2007). Conservación y manejo participativo en Microcuencas de la Subcuenca La Purísima, Guanajuato. En: El manejo Integral de Cuencas en México. Editor: Cotler Helena. Instituto Nacional de Ecología. Recuperado de <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/download/528.pdf>

Murillo, J. M. (2009). Turbidez y sólidos en suspensión de las aguas de escorrentía susceptibles de ser utilizadas en la recarga artificial del acuífero granular profundo subyacente a la ciudad de San Luis de Potosí (México). Boletín Geológico y Minero, 120 (2): 169-184.

Navarro, A., López. M. y Caire, G. (2004). Estudio, Análisis y Propuestas para el Fortalecimiento de los Programas Municipales de Saneamiento Ambiental existentes en la Cuenca Lerma Chapala. Instituto Nacional de Ecología. Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas Recuperado de http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/diag_gest_amb_municipal.pdf

Norma Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2011. Análisis De Agua - Determinación del pH -Método De Prueba. Diario Oficial de la Federación. Mayo del 2011. Recuperado de: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-008-SCFI11.pdf>.

Norma Mexicana NMX-AA-014-1980. Cuerpos Receptores.- Muestreo. Publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de Noviembre de 1992. Recuperado de: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa014.pdf>.

Norma Mexicana NMX-AA-028-SCFI-2001. Análisis De Agua-Determinación De La Demanda Bioquímica De Oxígeno En Aguas Naturales, Residuales (DBO₅) y Residuales Tratadas-Método De Prueba. Diario Oficial de la Federación. Abril del 2001. Recuperado de: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa028-01.pdf>.

Norma Mexicana NMX-AA-036-SCFI-2001. Análisis de agua - Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/42%20NMX-AA-036-SCFI-2001_Acidez_alcalinidad.pdf

Norma Mexicana NMX-AA-038-SCFI-2001. Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/43%20NMX-AA-038-SCFI-2001_Turbiedad.pdf

Norma Mexicana NMX-AA-045-SCFI-2001. Análisis de Agua - determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba. Diario Oficial de la Federación. Agosto del 2001. Recuperado de <ftp://201.116.60.40/IFAI/2016/SIS1610100091616/C5/NormaOficialMexicana/NMX-AA-045-SCFI-2001.pdf>.

Norma Mexicana NMX-AA-072-SCFI-2001. Análisis de agua - Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de <http://www.agua.org.mx/biblioteca-tematica/marco-juridico-del-agua>

Norma Mexicana NMX-AA-073-SCFI-2001. Análisis de Agua-Determinación de Cloruros Totales en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas-Método de Prueba. Diario Oficial de la Federación. Agosto del 2001. Recuperado de: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa073-01.pdf>.

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. Diario Oficial de la Federación. Junio del 2006. Recuperado de: http://www.hgm.salud.gob.mx/descargas/pdf/noticias/programa_mercurio/marco/norma_001.pdf.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Diciembre del 2010. Recuperado de: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf.

Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Metodo para la determinación de *Salmonella* en alimentos. Diario Oficial de la Federación. Agosto de 1994. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69538.pdf>.

Norma Oficial Mexicana NOM-115-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la determinación de *Staphylococcus aureus* en alimentos. Diario Oficial de la Federación. Abril de 1994. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/115ssa14.html>

Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación. Diciembre del 2012. Recuperado de: http://www.fao.org/fishery/shared/faolextrans.jsp?xp_ISIS_MFN=118793&xp_faolexLang=S&xp_lang=es

Ortiz R.G.A. (2013). Legislación y cultura del agua. Conceptos básicos de administración y legislación del agua en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.

Osman, M.A., Mohamed, M.A.M., Ali, M.H.H., Al-Afify, A.D.G. (2010). Assessment of agriculture drainage water quality to be used for fish farm irrigation. Nature and Science. Vol 8 (8): 60-74.

Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-005-SCFI-2008. Análisis de Agua- Determinación de Grasas y Aceites Recuperables en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas-Método de Prueba. Diario Oficial de la federación. Septiembre del 2009. Recuperado de:
<http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2009/proy-nmx-aa-005-scfi-2008.pdf>.

Proyecto De Norma Mexicana PROY-NMX-AA-007-SCFI-2011. Análisis de Agua – Determinación de la Temperatura en Aguas Naturales, Salinas, Residuales Y Residuales Tratadas - Método De Prueba. Diario Oficial de la Federación. Septiembre del 2011. Recuperado de:
<http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2010/proy-nmx-aa-007-scfi11.pdf>.

Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-012/2-SCFI-2009. Análisis de Agua- Determinación del Oxígeno Disuelto en Aguas Naturales, Residuales Y Residuales Tratadas, Método de Prueba-Parte 2-Metodo Electroquímico. Diario Oficial de la Federación. Julio del 2010. Recuperado de:
<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/AA/proy-nmx-aa-012-2-scfi09.pdf>.

Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-030/1-SCFI-2010. Análisis de Agua- Determinación de la Demanda Química De Oxígeno en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas - Método de Prueba - Parte 1 - Método De Reflujo Abierto. Diario Oficial de la Federación. Abril del 2011. Recuperado de:

<http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2010/proy-nmx-aa-030-1-scfi10.pdf>.

Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-034-SCFI-2012. Análisis De Agua- Medición de Sólidos y Sales Disueltas en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas – Método De Prueba. Diario Oficial de la Federación. Noviembre del 2012. Recuperado de: <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2010/proy-nmx-aa-034scfi-2012.pdf>.

Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-042-SCFI-2011. Análisis de Agua- Detección y Enumeración de Organismos Coliformes, Organismos Coliformes Termotolerantes y *Escherichia coli*, Presuntiva - Método del Número Más Probable en Tubos Múltiples. Diario Oficial de la Federación. Julio del 2013. Recuperado de: <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2010/proy-nmx-aa-042-scfi-2010.pdf>.

Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-093-SCFI-2009. Análisis De Agua.- Determinación De La Conductividad Eléctrica.- Método De Prueba. Diario Oficial de la Federación. Julio del 2010. Recuperado de: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/AA/proy-nmx-aa-093-scfi09.pdf>.

Quiroz C.H., García R.J., Molina A.I., Díaz V.M., Trujillo J.P. (2010). Condiciones abióticas de la presa "El Abrevadero", utilizada para el cultivo extensivo de *Oreochromis niloticus* en Morelos, México REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=6361425100>.

Ramos P.C.J. (2011). Presencia de Coliformes Totales y Fecales en el agua del Río Matlacobatí, Xico, Veracruz, México. Trabajo de Experiencia Recepcional. Universidad Veracruzana. Facultad de Biología.

Romero S., García J., Valdez B y Vega M. 2010. Calidad del agua para actividades recreativas del Río Hardy en la Región Fronteriza México-Estados Unidos. Información Tecnológica. Vol. 21(5), 69-78.

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

Sierra R.C.A. (2011). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. Editor: Leonardo David López Escobar. Medellín – Colombia. pp:47-90

Severiche, S.C., Castillo, B.M., Barreto, M.P. (2013). Evaluación de la precisión y Exactitud de un método gravimétrico para la determinación de Grasas y aceites en Aguas. Química hoy Chemistry Sciences Vol.3 (2) pp: 18-21. Recuperado de:
<http://eprints.uanl.mx/3796/1/Art4.pdf>.

SIATL, Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas del INEGI (2013). Presa "La Purísima", núcleos agrarios. Recuperado de:
<http://www.inegi.org.mx/default.aspx?>

Stambuk-Giljanovc., 1999. Water Quality Evaluation by Index in Dalmatia. Wat. Res. 33(16): 3423-3440. Elsevier Science Ltd.

Teorema Ambiental, 2001. Teorema Ambiental, Revista Técnico Ambiental. [En línea]

Disponible: <http://www.teorema.com.mx/agua/la-problematica-hidraulica-en-guanajuato/>

Torres de la O M. (2007). Evaluación de la Calidad del Agua de la Cuenca Lerma-Chapala. Proyecto de Investigación de la Licenciatura de Hidrología de la Universidad Autónoma Metropolitana; Unidad Iztapalapa.

Van Helmond, C., Breukel, R., (1997); Physico-Chemical water quality indices. Proceedings of an International Works on Information Strategies in Water Management, Nunspeet, The Netherlands, 475-479.

Velázquez-Aldaco, P., Alejo-Iturvide, F. & Márquez-Lucio, M. A., 2016. Estudio microbiológico de dos cuerpos de agua del estado de Guanajuato: “La presa La Purísima” y “Laguna de Yuriria”. Jóvenes en la Ciencia, 2(1), pp. 71-75.

Walter, F. & Brooks, B., 2009. Diagnóstico pesquero y acuícola de Guanajuato. Morelia, Michoacán: Gobierno del Estado de Guanajuato.

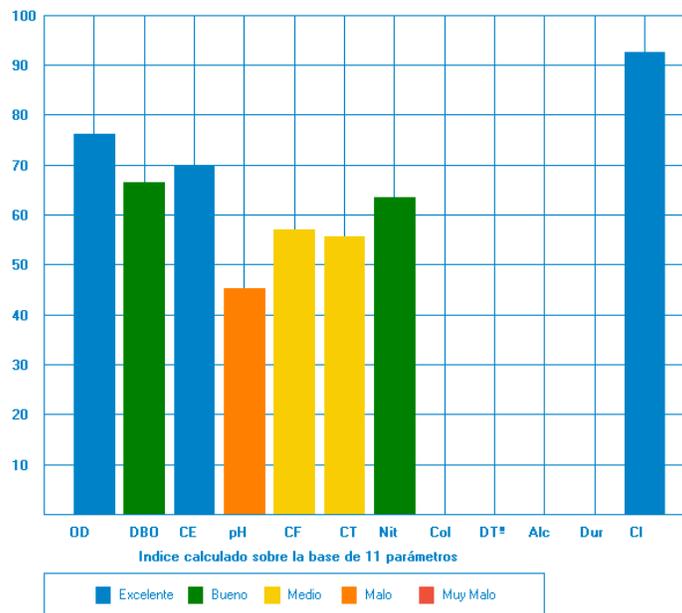
Whitehead P.G., R.L. Wilby, D. Butterfield y A.J. Wade. 2006. Impacts of climate change on in-stream nitrogen in a lowland chalk stream: An appraisal of adaptation strategies. Sci. Total Environ. 365, 204-220.

11. ANEXOS

Parte A. En esta sección se muestra un ejemplo de los reportes que se obtienen en el ICAtest. Se presentan los resultados obtenidos para la compuerta.

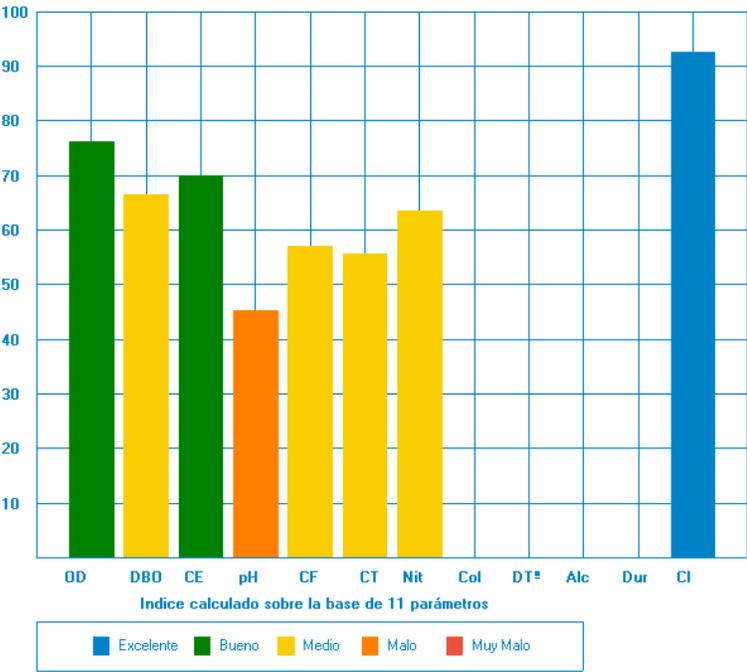
 ICATest v1.0 - Reporte León (1998)				
Fecha:	09/04/2015			
Hora:	14:14:30			
Lugar:	Compuerta-Pesca			
Analista:	MAML			
Valor del índice:	43,98			
Número de parámetros:	11			
Clasificación:	Contaminada			
Rango:	40 - 50			
Color:	Naranja			
Comentario:	Vida Acuática Limitada a Especies muy Resistentes.			
Detalles:				
Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Total
Oxígeno disuelto	80	76,16	0,1214	1,692
DBO	4	66,54	0,1144	1,616
DQO	19	70,006	0,0714	1,35
pH	9	45,25	0,0814	1,364
Sólidos suspendidos	80	57	0,0514	1,231
Coliformes fecales	150	55,65	0,1014	1,503
Coliformes totales	340	63,434	0,1614	1,954
Nitratos		-	0,053	-
Amonios		-	0,043	-
Fosfatos		-	0,073	-
Fenoles		-	0,033	-
Dif. Temperatura	1	92,43	0,0614	1,32
Alcalinidad (CaCO ₃)	181	54,829	0,0734	1,342
Dureza (CaCO ₃)	150	58,25	0,0764	1,364
Cloruros	15	F.R.	0,0864	-

ICATEST v1.0
Parámetros contra Valor-Q



ICATest v1.0 - Reporte León (1998)				
Fecha:	09/04/2015			
Hora:	14:14:30			
Lugar:	Compuerta-Riego			
Analista:	MAML			
Valor del índice:	43,98			
Número de parámetros:	11			
Clasificación:	Contaminada			
Rango:	30 - 50			
Color:	Naranja			
Comentario:	Tratamiento Requerido para la Mayoría de Cultivos.			
Detalles:				
Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Total
Oxígeno disuelto	80	76,16	0,1214	1,692
DBO	4	66,54	0,1144	1,616
DQO	19	70,006	0,0714	1,35
pH	9	45,25	0,0814	1,364
Sólidos suspendidos	80	57	0,0514	1,231
Coliformes fecales	150	55,65	0,1014	1,503
Coliformes totales	340	63,434	0,1614	1,954
Nitratos		-	0,053	-
Amonios		-	0,043	-
Fosfatos		-	0,073	-
Fenoles		-	0,033	-
Dif. Temperatura	1	92,43	0,0614	1,32
Alcalinidad (CaCO3)	181	54,829	0,0734	1,342
Dureza (CaCO3)	150	58,25	0,0764	1,364
Cloruros	15	F.R.	0,0864	-

ICATEST v1.0
Parámetros contra Valor-Q





ICATEST v1.0 - Reporte NSF

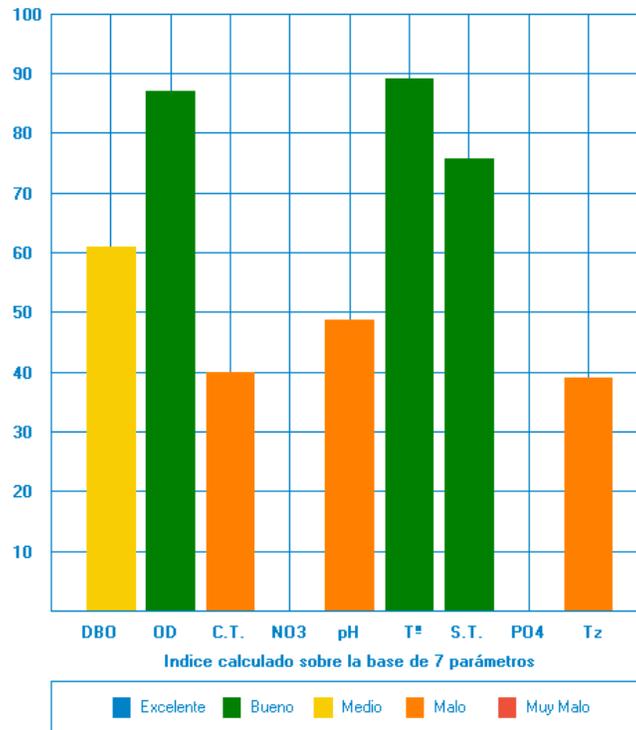
Fecha: 09/04/2015
Hora: 14:01:37
Lugar: Compuerta
Analista: MAML

Valor del índice: 63,81
Número de parámetros: 7
Clasificación: Media
Rango: 51-70
Color: Amarillo

Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Subíndice
DBO	4	61	0,14	8,54
Oxígeno disuelto	80	87	0,2	17,4
Coliformes fecales	150	40	0,19	7,6
Nitratos	-	-	-	-
pH	9	48,75	0,14	6,83
Temperatura	1	89	0,13	11,57
Sólidos totales	175	75,75	0,1	7,58
Fosfatos totales	-	-	-	-
Turbidez	50	39	0,11	4,29

ICATEST v1.0
Parámetros contra Valor-Q





ICATest v1.0 - Reporte Dinius

Fecha: 09/04/2015
Hora: 14:44:58
Lugar: Compuerta-Pesca
Analista: MAML

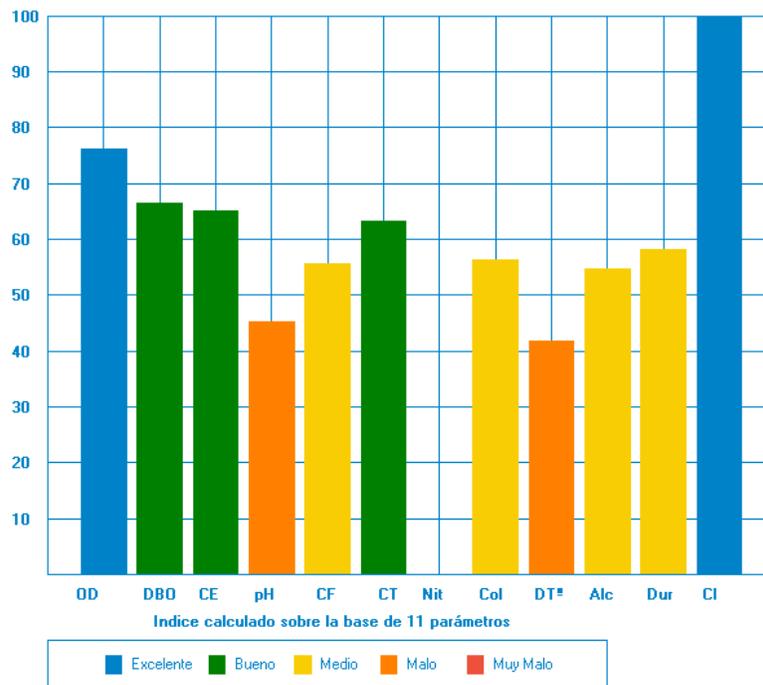
Valor del índice: 60,49
Número de parámetros: 11
Clasificación: Aceptable
Rango: 60 - 70
Color: Verde

Comentario Límite para peces y moluscos muy Sensibles

Detalles:

Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Total
Oxígeno disuelto	80	76,16	0,117	1,66
DBO	4	66,54	0,105	1,554
Conductividad específica	485	65,14	0,087	1,438
pH	9	45,25	0,085	1,383
Coliformes fecales	150	55,65	0,124	1,646
Coliformes totales	340	63,34	0,098	1,502
Nitratos				
Color	30	56,26	0,071	1,331
Dif. Temp. Aire-Superf.	1	41,88	0,085	1,374
Alcalinidad	181	54,75	0,071	1,329
Dureza	150	58,25	0,073	1,345
Cloruros	15	100	0,082	1,459

ICATEST v1.0
Parámetros contra Valor-Q

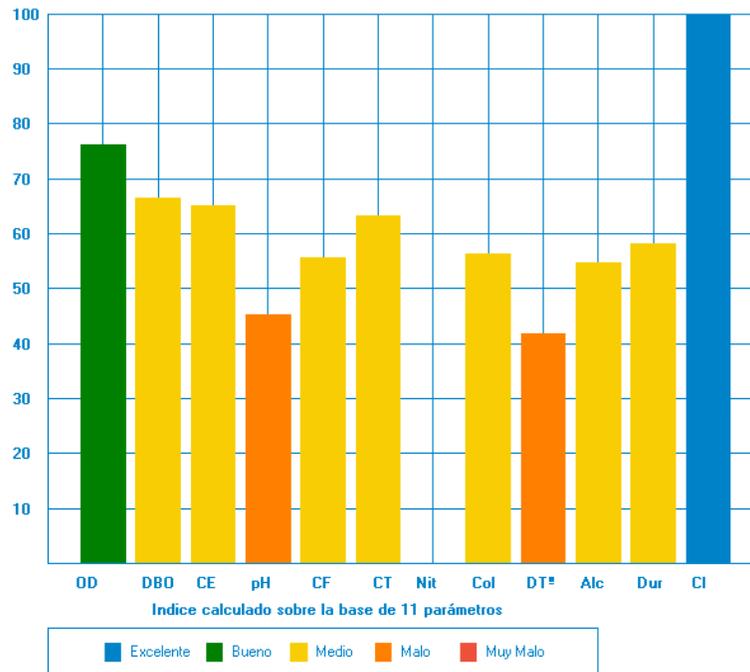




ICATEST v1.0 - Reporte Dinius

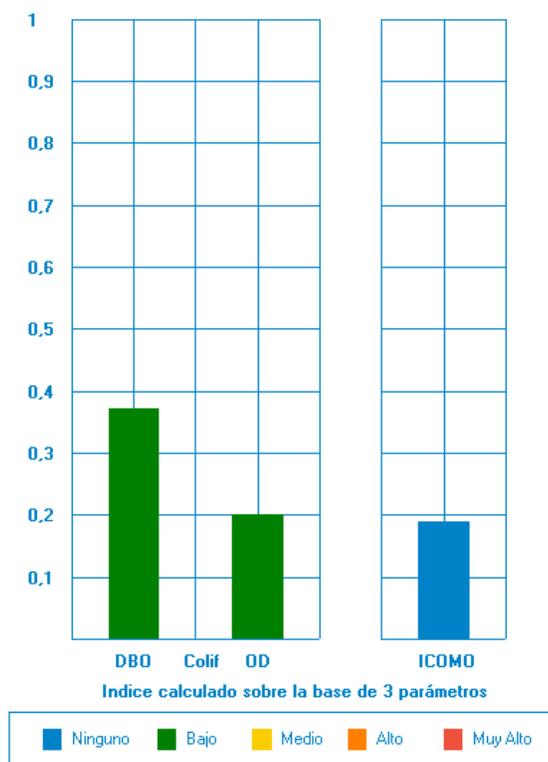
Fecha:	09/04/2015			
Hora:	14:44:58			
Lugar:	Compuerta-Riego			
Analista:	MAML			
Valor del índice:	60,49			
Número de parámetros:	11			
Clasificación:	Levemente Contaminada			
Rango:	50 - 70			
Color:	Amarillo			
Comentario	Utilizable en la mayoría de cultivos.			
Detalles:				
Parámetro	Resultado	Valor Q	Factor de pond.	Total
Oxígeno disuelto	80	76,16	0,117	1,66
DBO	4	66,54	0,105	1,554
Conductividad específica	485	65,14	0,087	1,438
pH	9	45,25	0,085	1,383
Coliformes fecales	150	55,65	0,124	1,646
Coliformes totales	340	63,34	0,098	1,502
Nitratos				
Color	30	56,26	0,071	1,331
Dif. Temp. Aire-Superf.	1	41,88	0,085	1,374
Alcalinidad	181	54,75	0,071	1,329
Dureza	150	58,25	0,073	1,345
Cloruros	15	100	0,082	1,459

ICATEST v1.0
Parámetros contra Valor-Q



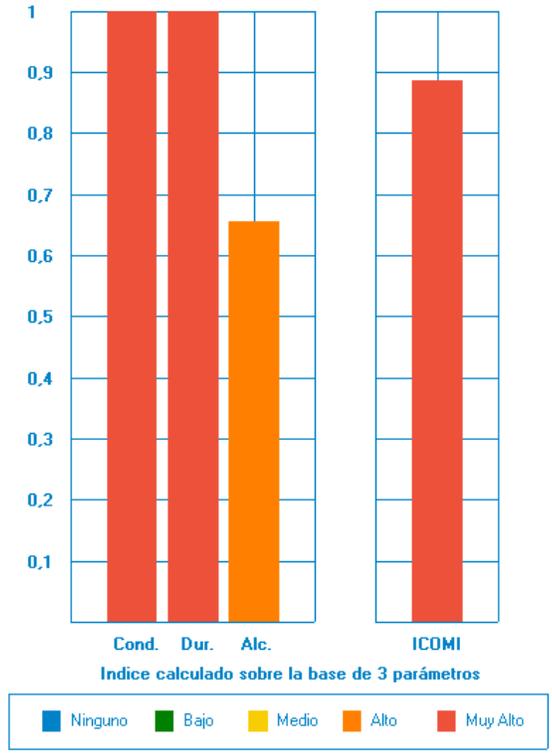
 ICATest v1.0 - Reporte ICOMO	
Fecha:	09/04/2015
Hora:	14:49:49
Lugar:	Compuerta
Analista:	MAML
Valor del índice:	0,19
Número de parámetros:	3
Grado de contaminación:	Ninguno
Rango:	0 - 0,2
Color:	Azul
Detalles:	
Parámetro	Resultado
DBO	4
Coliformes fecales	150
Oxígeno disuelto	80
	Subíndice
	0,371
	0
	0,2

ICATEST v1.0
Subíndices e Índice ICOMO



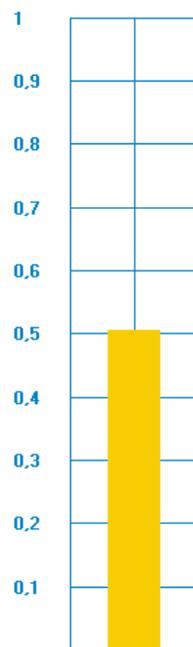
 ICATest v1.0 - Reporte ICOMI		
Fecha:	09/04/2015	
Hora:	14:48:27	
Lugar:	Compuerta	
Analista:	MAML	
Valor del índice:	0,885	
Número de parámetros:	3	
Grado de contaminación:	Muy Alto	
Rango:	0,8 - 1	
Color:	Rojo	
Detalles:		
Parámetro	Resultado	Subíndice
Conductividad	485	1
Dureza	150	1
Alcalinidad	181	0,655

ICATEST v1.0
Subíndices e Índice ICOMI



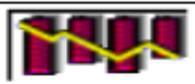
		ICATest v1.0 - Reporte ICOSUS	
Fecha:	09/04/2015		
Hora:	14:52:32		
Lugar:	Compuerta		
Analista:	MAML		
Valor del índice:	0,505		
Número de parámetros:	1		
Grado de contaminación:	Medio		
Rango:	0,4 - 0,6		
Color:	Amarillo		
Detalles:			
Parámetro	Resultado		
Sólidos totales	175		

ICATEST v1.0
Representación Gráfica de la Calidad del Agua



Índice = 0,505



 ICATest v1.0 - Reporte ICOpH	
Fecha:	09/04/2015
Hora:	14:53:51
Lugar:	Compuerta
Analista:	MAML
Valor del índice:	0,493
Número de parámetros:	1
Grado de contaminación:	Medio
Rango:	0,4 - 0,6
Color:	Amarillo
Detalles:	
Parámetro	Resultado
pH	9

ICATEST v1.0
Representación Gráfica de la Calidad del Agua



Índice = 0.493



Parte B. Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de la calidad del agua (CE-CCA-001/89)

	Fecha de publicación	Fecha de entrada en vigor
Expedición:	13 de diciembre de 1989	14 de diciembre de 1989

ACUERDO POR EL QUE SE ESTABLECEN LOS CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DEL AGUA CE-CCA-001/89

Artículo 1.- El presente Acuerdo tiene como propósito establecer los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, con base en los cuales la autoridad competente podrá calificar a los cuerpos de agua como aptos para ser utilizados como fuente de abastecimiento de agua potable, en actividades recreativas con contacto primario, para riego agrícola, para uso pecuario, en la acuicultura, o para la protección de la vida acuática.

Artículo 2.- Para los efectos de este Acuerdo se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y las siguientes:

CALIDAD PARA LA PROTECCION DE LA VIDA DE AGUA DULCE: Grado de calidad del agua, requerido para mantener las interacciones e interrelaciones de los organismos vivos, de acuerdo al equilibrio natural de los ecosistemas de agua dulce continental.

CALIDAD PARA LA PROTECCION DE LA VIDA DE AGUA MARINA: Grado de calidad del agua, requerido para mantener las interacciones e interrelaciones de los organismos vivos, de acuerdo al equilibrio natural de los ecosistemas de agua marina.

CALIDAD PARA USO EN LA ACUACULTURA: Grado de calidad del agua, requerido para las prácticas acuaculturales, que garantiza el óptimo crecimiento y desarrollo de las especies cultivadas, así como para proteger su calidad para el consumo humano.

CALIDAD PARA RIEGO AGRICOLA: Grado de calidad del agua, requerido para llevar a cabo prácticas de riego sin restricción de tipos de cultivo, tipos de suelo y métodos de riego.

CALIDAD PARA USO COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada como abastecimiento de agua para consumo humano, debiendo ser sometida a tratamiento, cuando no se ajuste a las disposiciones sanitarias sobre agua potable.

CALIDAD PARA USO PECUARIO: Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada como abastecimiento de agua para consumo por los animales domésticos, que garantiza la protección de su salud y la calidad de los productos para consumo humano.

CALIDAD PARA USO RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO: Grado de calidad del agua, requerido para ser utilizada en actividades de esparcimiento, que garantiza la protección de la salud humana por contacto directo.

CUERPO DE AGUA: Los lagos; lagunas; acuíferos; ríos y sus afluentes directos o indirectos, permanentes o intermitentes; presas; embalses; cenotes; manantiales; litorales; estuarios; esteros; marismas y en general las zonas marinas mexicanas.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE: Todo cuerpo de agua que es o puede ser utilizado para proveer agua para consumo humano.

Artículo 3.- Los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua a los que se refiere el artículo 1o. de este Acuerdo, son los que se establecen en las tablas siguientes:

TABLA 1
(parte a-1)

CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DE AGUA

Niveles máximos en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad

SUSTANCIA O PARAMETRO	FUENTE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO	RIEGO AGRICOLA
ACENAFTENO	0.02		
ACIDO 2,4 DICLOROFENOXIACETICO	0.1		
ADRILONITRILO (II)	0.0006 (III)		
ACROLEINA	0.3		0.1
ALCALINIDAD (como CaCO ₃)	400.0		
ALDRIN (II)	0.00003 (III)	0.00005	0.02
ALUMINIO	0.02		5.0
ANTIMONIO	0.1		0.1
ARSENICO (II)	0.05 (III)		0.1
ASBESTOS (II) (fibras/l)	3000 (III)		
ASPECTOS ESTETICOS	(V)	(V)	(V)
PARIO	1.0		
BENCENO (II)	0.01 (III)		
BENCIDINA (II)	0.000001 (III)		
BERILIO (II)	0.00007 (III)		
BIFENILOS POLICLORADOS (II)	0.0000008 (III)	(VI)	
BHC (II) (VII)			
BHC (LINDANO)	0.003 (III)		
BIS (2-CLOROETIL) ETER	0.0003 (III)		
BIS (2-CLOROISOPROPIL) ETER	0.03 (III)		
BIS (2-ETILHEXIL) FTALATO	32.0		
4-BROMOFENIL-FENIL-ETER			
BORO (II)	1.0		0.7 (XI)

BROMOFORMO (II)	0.002 (III)		
BROMURO DE METILO	0.002		
CADMIO (II)	0.01		0.01
CARBONO ORGANICO: -EXTRACTABLE EN ALCOHOL	1.5		
-EXTRACTABLE EN CLOROFORMO	3.0		
CIANURO (como CN-)	0.2	0.02	0.02
CLORDANO (II) (MEZCLA TECNICA DE METABOLITOS)	0.003 (III)	0.00002	0.003
CLORO RESIDUAL			
CLORO BENCENO	0.02		
2 CLORO ETIL VINIL ETER			
2 CLOROFENOL	0.03		
CLOROFORMO (II)	0.03 (III)		
CLORONAFTALENOS			
CLORUROS (como Cl-)	250.0		147.5
CLORURO DE METILENO	0.002 (III)		
CLORURO DE METILO	0.002 (III)		
CLORURO DE VINILO	0.02 (III)		
COBRE	1.0		0.20
COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)	1000.0	(XVIII)	1000.0
COLOR (unidades de escala Pt-Co)	75.0		
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (mmhos/cm)			1.0 (XX)
CROMO HEXAVALENTE	0.05		1.0
DDD (II)	0.0000002 (III)		
DDE (II)			0.04
DDT (II)	0.001 (II)	0.000005	
DICLOROBENCENOS	0.4		
1,2 DICLOROETANO (II)	0.005		
1,1 DICLOROETILENO (II)	0.0003		

1,2 DICLOROETILENO (II)	0.0003		
2,4-DICLOROFENOL	0.03		
1,2 DICLOROPROPANO			
1,2 DICLOROPROPILENO	0.09		

TABLA 1
(parte a-2)

CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DE AGUA

Niveles máximos en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad

SUSTANCIA O PARAMETRO	FUENTE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO	RIEGO AGRICOLA
DIELDRIN (II)	0.0000007 (III)	0.000003	0.02
DIETILFTALATO	350.0		
1,2 DIFENILHIDRACINA (II)	0.0004 (III)		
2,4-DIMETIL FENOL	0.4		
DIMETIL FTALATO	313.0		
2,4 DINITROFENOL	0.07		
DINITRO-O-CRESOL	0.01 (III)		
2,4 DINITROTOLUENO (II)	0.001 (III)		
2,6 DINITROTOLUENO			
ENDOSULFANO (alfa y beta.) (II)	0.07		
ENDRIN	0.001	0.000002	
ETILBECENO	1.4		
FENOL	0.3	0.001	
FIERRO	0.3		5.0
FLUORANTENO	0.04		
FLUORUROS (como F-)	1.5		1.0
FOSFATOS (como PO) ⁴	0.1		
FOSFORO ELEMENTAL			
GASES DISUELTOS			

GRASAS Y ACEITES	AUSENTE		
HALOMETANOS (II)	0.002 (III)		
HEPTACLORO (II)	0.0001 (III)	0.000002	0.02
HEXACLOROBENCENO	0.00001 (III)		
HEXACLOROBUTADIENO (II)	0.004 (III)		
HEXACLOROCICLO-PENTADIENO	0.001		
HEXACLOROETANO (II)	0.02 (III)		
HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES (II)	0.00003 (III)		
ISOFORONA	5.2		
MANGANESO	0.1		
MATERIA FLOTANTE	V.2	V.2	V.2
MERCURIO (Hg) (II)	0.001		
NETOXICLORO	0.03		
NAFTALENO			
NIQUEL	0.01		0.2
NITRATOS (NO ₃) (como N)	5.0		
NITRITOS (NO ₂) (como N)	0.05		
NITROBENCENO	20.0		
2 NITROFENOL Y 4 NITROFENOL	0.07		
NITROGENO AMONIACAL			
N-NITROSODIFENILAMINA (II)	0.05 (III)		
N-NITROSODIFENILAMINA (II)	0.00001 (III)		
N-NITROSODI-N PROPILAMINA (II)			
OXIGENO DISUELTO (XXX)	4.0		
PARATION	0.00003		
OLOR	AUSENTE		
PENTAFLOROFENOL	0.03		

POTENCIAL HIDROGENO (pH) (XXXI)	5-9		4.5-9.0
PLATA	0.05		
PLOMO	0.05		5.0
SABOR	CARACTERISTICO		
SELENIO (como selenato)	0.01		0.02
SOLIDOS DISUELTOS	500.0		500.0 (XXXV)
SOLIDOS SUSPENDIDOS	500.0		50.0
SOLIDOS TOTALES	1000.0		
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	0.5		
SULFATOS (SO ₄)	500.0		130.0
SULFUROS (como H ₂ S)	0.2		
TALIO	0.01		
TEMPERATURA (°C)	CONDICIONES NATURALES +2.5		
2,3,7,8-TETRACLORODIBENZO-P-DIOXINA (II)	0.0000000001 (III)		
1,1,2,2-TETRACLOROETANO (II)	0.002 (III)		
TETRACLOROETILENO (II)	0.008 (III)		
TETRACLORURO DE CARBONO (II)	0.004 (III)		
TOLUENO	14.3		
TOXAFENO	0.000007	0.00003	0.005
1,1,1-TRICLOROETANO (II)	18.4 (III)		
1,1,2-TRICLOROETANO (II)	0.006 (III)		
TRICLOROETILENO (II)	0.03 (III)		
2,4,6-TRICLOROFENOL (II)	0.01 (III)		
TURBIEDAD (Unidades escala de sílice)	CONDICIONES NATURALES		
ZINC	5.0		2.0

RADIATIVIDAD:			
ALFA TOTAL (Bq/l)	0.1	0.1	0.1
BETA TOTAL (Bq/l)	1.0	1.0	1.0

TABLA 1
(parte b-1)

CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DEL AGUA

Niveles máximos en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad

SUSTANCIA O PARAMETRO	PECUARIO	PROTECCION DE LA VIDA ACUATICA	
		AGUA DULCE	AGUA MARINA (AREAS COSTERAS)
ACENAFTENO		0.02 (I)	0.01 (I)
ACIDO 2,4 DICLOROFENOXIACETICO			
ACRILONITRILO (II)		0.007 (I)	
ACROLEINA		0.007 (I)	0.0005 (I)
ALCALINIDAD (como CaCO ₃)		(VI)	(VI)
ALDRIN (II)		0.003	0.001
ALUMINIO	5.0	0.05	0.2
ANTIMONIO		0.09 (I)	
ARSENICO	0.2	0.2 (como A III) 5	0.01 (como A 5 III)
ASBESTOS (II) (fibras/I)			
ASPECTOS ESTETICOS	(V)	(V)	(V)
PARIO		0.01	0.5
BENCENO (II)		0.05 (I)	0.005
BENCIDINA (II)		0.02 (I)	
BERILIO (II)	0.1	0.001	
BIFENILOS POLICLORADOS (II)		0.00001	0.00003
BHC (II) (VII)		0.001 (I)	0.000003 (I)
BHC (LINDANO)		0.002	0.0002
BIS (2-CLOROETIL)			

ETER		(VIII)	
BIS (2-CLOROISOPROPIL) ETER		(VIII)	
BIS (2-ETILHEXIL) FTALATO		(IX)	(X)
4-BROMOFENIL-FENIL-ETER		0.01	
BORO (II)	5.0		0.009 (XII)
BROMOFORMO (II)			
BROMURO DE METILO			
CADMIO (II)	0.02	(XIII)	0.0009
CARBONO ORGANICO: -EXTRACTABLE EN ALCOHOL -EXTRACTABLE EN CLOROFORMO			
CIANURO (como CN-)		0.005 (XII)	0.001 (XIV)
CLORDANO (II) (MEZCLA TECNICA DE METABOLITOS)		0.002	0.00009
CLORO RESIDUAL		.011 (XII)	.0075 (XII)
CLORO BENCENO		(XV)	(XVI)
2 CLORO ETIL VINIL ETER		0.5 (I)	
2 CLOROFENOL		0.04	0.1
CLOROFORMO (II)		0.3 (I)	
CLORONAFTALENOS		0.02 (I)	0.00007 (I)
CLORUROS (como Cl-)		250.0	
CLORURO DE METILENO			
CLORURO DE METILO			
CLORURO DE VINILO			
COBRE	0.5	(XVII)	0.003 (XIV)
COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)		(XVIII)	(XVIII)
COLOR (unidades de escala Pt-Co)		(XIX)	(XIX)
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (mmhos/cm)			
CROMO HEXAVALENTE	1.0	0.01 (XII)	0.05 (XII)

DDD (II)	0.000006 (I)	0.00004 (I)
DDE (II)	0.01 (I)	0.0001 (I)
DDT (II)	0.001	0.0001
DICLOROBENCENOS	0.01	0.02
1,2 DICLOROETANO (II)	1.2 (I)	1.1 (I)
1,1 DICLOROETILENO (II)	(XXI)	(XXII)
1,2 DICLOROETILENO (II)	(XXI)	(XXII)
2,4- DICLOROFENOL	0.02 (I)	
1,2 DICLOROPROPANO	0.2 (I)	0.1 (I)
1,2 DICLOROPROPILENO	0.06 (I)	0.008 (I)
DIELDRIN (II)	0.002	0.0007
DIETIL FTALATO	(IX)	(X)
1,2 DIFENILHIDRACINA (II)	0.003	
2,4- DIMETIL FENOL	0.02	

TABLA 1
(parte b-2)

CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DEL AGUA

Niveles máximos en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad

SUSTANCIA O PARAMETRO	PECUARIO	PROTECCION DE LA VIDA ACUATICA	
		AGUA DULCE	AGUA MARINA (AREAS COSTERAS)
DIMETIL FTALATO		(IX)	(X)
2,4 DINITROFENOL		0.002 (I)	0.05
DINITRO-O-CRESOL			0.01
2,4 DINITROTOLUENO (II)		(XXIII)	(XXIV)
2,6 DINITROTOLUENO		(XXIII)	(XXIV)
ENDOSULFANO (alfa y beta) (II)		0.0002	0.00003
ENDRIN		0.00002	0.00004

ETILBECENO			0.5
FENOL		0.1 (I)	0.06 (I)
FIERRO		1.0	0.05
FLUORANTENO		0.04 (I)	0.0004 (I)
FLUORUROS (como F-)	2.0	1.0	0.5
FOSFATOS (como PO)		(XXV)	0.002
FOSFORO ELEMENTAL ⁴		0.0001	0.0001
GASES DISUELTOS		(XXVI)	(XXVI)
GRASAS Y ACEITES			
HALOMETANOS (II)		0.1 (I)	
HEPTACLORO (II)		0.0005	0.0005
HEXACLOROBENCENO		(XV)	(XVI)
HEXACLOROBUTADIENO (II)		0.0009 (I)	0.0003 (I)
HEXACLOROCICLO-PENTADIENO		0.00007 (I)	0.00007 (I)
HEXACLOROETANO (II)		0.01 (I)	0.009 (I)
HIDROCARBUROS AROMATICOS POLINUCLEARES (II)			0.1
ISOFORONA		1.2 (I)	0.1 (I)
MANGANESO			
MATERIA FLOTANTE	V.2	V.2	V.2
MERCURIO (Hg) (II)	0.003	0.00001 (XII)	0.00002 (XII)
NETOXICLORO			
NAFTALENO		0.02 (I)	0.02 (I)
NIQUEL	1.0	(XXVII)	0.008 (XII)
NITRATOS (NO) (como N) 3	90.0		0.04
NITRITOS (NO) (como N) 2	10.0		0.002
NITROBENCENO		0.3 (I)	0.07 (I)
2 NITROFENOL Y 4 NITROFENOL		0.002 (I)	0.05 (I)
NITROGENO AMONIACAL		0.06	0.01
N-NITROSODIFENILAMINA (II)		(XXVIII)	(XXIX)

N-NITROSODIMETILAMINA (II)		(XXVIII)	(XXIX)
N-NITROSODI-N PROPILAMINA (II)		(XXVIII)	(XXIX)
OXIGENO DISUELTO (XXX)		5.0	5.0
PARATION		0.00004	0.00004
OLOR			
PENTAFLOROFENOL		0.0005 (I)	0.0005 (I)
POTENCIAL HIDROGENO (pH) (XXXI)		(XXXII)	(XXXII)
PLATA		(XXXIII)	0.002
PLOMO	0.1	(XXXIV)	0.006 (XII)
SABOR			
SELENIO (como selenato)	0.05	0.008	0.04
SOLIDOS DISUELTOS	1000.0		
SOLIDOS SUSPENDIDOS		(XIX)	(XIX)
SOLIDOS TOTALES			
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO		0.1	0.1
SULFATOS (SO ₄)		0.005	
SULFUROS (como H ₂ S)		0.002	0.002
TALIO		0.01 (I)	0.02 (I)
TEMPERATURA (°C)		CONDICIONES NATURALES+1.5	CONDICIONES NATURALES+1.5
2,3,7,8-TETRAFLORO-DIBENZO-P-DIOXINA (II)		0.00000001	0.00000001
1,1,2,2 TETRAFLOROETANO (II)		0.09 (I)	0.09 (I)
TETRAFLOROETILENO (II)		0.05 (I)	0.1 (I)
TETRAFLORURO DE CARBONO (II)		0.3 (I)	0.5 (I)
TOLUENO		0.2 (I)	0.06 (I)
TOXAFENO		0.0000002 (XII)	0.0000002 (XII)
1,1,1 TRICLOROETANO (II)		0.02 (I)	0.3 (I)
1,1,2 TRICLOROETANO (II)		0.2 (I)	

TRICLOROETILENO (II)		0.01	0.02
2,4,6 TRICLOROFENOL (II)		0.01	
TURBIEDAD (Unidades escala sílice)		(XIX)	(XIX)
ZINC	50.0	(XXXVI)	0.09 (XII)
RADIATIVIDAD:			
ALFA TOTAL (Bq/1)	0.1	0.1	0.1
BETA TOTAL (Bq/1)	1.0	1.0	1.0

TABLA 2

(parte a)

CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA ACUACULTURA
Niveles máximos en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad

PARAMETRO	Unidades	E S P E C I E			
		Tilapia	Carpa	Bagre	Trucha Arco-iris
O SUSTANCIA					
Color		V E R D E - A Z U L V E R D E			
TRANSPARENCIA	cm	45	30-50	45	45
Turbiedad	UNIDADES DE TURBIEDAD JACKSON	100			
Temperatura	°C	24-30	20-30	20-30	10-15
pH (XXXI)		7-8	7-8.5	6.5-8	6.5-8.0
Sólidos Suspendidos	mg/l			25-70	
Sólidos Disueltos	mg/l				400
Oxígeno Disuelto (XXX)	mg/l	2.1	5	-4	7.8
Salinidad	PPH		15		
Alcalinidad	mg/l	54-200	100	20-200	5.0-31
Dureza	mg/l	50-100	300	20-150	5.0-200
Dióxido de Carbono	mg/l			25	

Amoniaco	mg/l			0.42	
Nitrógeno de NO ₂	mg/l				0.55
Nitrógeno de NO ₃	mg/l				
Fósforo Total	mg/l				
Coliformes Fecales	NMP/100 ml.				
Coliformes Totales	NMP/100 ml.				
Aluminio	mg/l		0.2	0.5	
Arsénico	mg/l		1.0		
Bario	mg/l		5.0	0.6	
Cadmio	mg/l		0.05		
Cromo Hexavalente	mg/l		0.5		
Cromo Trivalente	mg/l		1.0		
Cobre	mg/l		0.02	0.025	0.06
Cianuro	mg/l		0.025		
Hierro	mg/l		0.5	0.5	1.0
Plomo	mg/l		0.1	0.1	
Silicatos	mg/l				

TABLA 2

(parte b)

CRITERIOS ECOLOGICOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA ACUACULTURA

Niveles máximos en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad

PARAMETRO O SUSTANCIA	Unidades	E S P E C I E		
		Langostino	Camaron	Moluscos Bivalcos
Color		V E R D E - A Z U L V E R D E		

Transparencia	cm	15-25		
Turbiedad	UNIDADES DE TURBIEDAD JACKSON		15.0	
Temperatura	°C	18-34	26-30	15-30
pH (XXXI)		7.0-8.5	7.5-8.8	
Sólidos Suspendidos	mg/l			
Sólidos Disueltos	mg/l			
Oxígeno Disuelto (XXX)	mg/l	75% del nivel de saturación	6.0	
Salinidad	PPH	12-14	27-35	23-28
Alcalinidad	mg/l			
Dureza	mg/l	150		
Dióxido de Carbono	mg/l			
Amoniaco	mg/l		0.1	
Nitrógeno de NO ₂	mg/l		2.0	
Nitrógeno de NO ₃	mg/l		5.0	
Fósforo Total	mg/l		5.0	
Coliformes Fecales	NMP/100 ml.			14, no más del 10% de las muestras debe ser mayor de 43
Coliformes Totales	NMP/100 ml.			70, no más del 10% de la muestra debe de ser mayor de 230
Aluminio	mg/l			
Arsénico	mg/l			
Bario	mg/l			
Cadmio	mg/l		0.005	
Cromo Hexavalente	mg/l			

Cromo Trivalente	mg/l			
Cobre	mg/l		0.005	
Cianuro	mg/l			
Hierro	mg/l			
Plomo	mg/l		0.005	
Silicatos			100	

ANEXO DE LAS TABLAS 1 Y 2

- I. El nivel de esta sustancia se obtuvo de multiplicar la toxicidad aguda reportada por 0.01.
- II. La sustancia presenta persistencia, bioacumulación o riesgo de cáncer, por lo que debe reducirse a un mínimo la exposición humana.
- III. El nivel ha sido extrapolado mediante el empleo de un modelo matemático, por lo que en revisiones posteriores podrá ser modificado a valores menos estrictos.
- IV. La alcalinidad natural del cuerpo de agua no debe ser reducida en más de 25%, cuando ésta sea menor o igual a 20 mg/l no deberán admitirse reducciones inducidas.
- V. El cuerpo de agua debe de estar libre de sustancias atribuibles a aguas residuales u otras descargas que:
 - 1.- Formen depósitos que cambien adversamente las características físicas del agua;
 - 2.- Contengan materia flotante como partículas, aceites u otros residuos que den apariencia desagradable;
 - 3.- Produzcan color, olor, sabor o turbiedad; o
 - 4.- Propicien vida acuática indeseable o desagradable.
- VI. Para riego continuo de los suelos, el agua contendrá como máximo 0.1mg/ de berilio, excepto para el caso de suelos alcalinos y de textura fina donde se pueden aplicar concentraciones de hasta 0.5mg/l.
- VII. Los datos indicados para BHC involucran la mezcla de isómeros a.β y E.
- VIII. La toxicidad aguda para organismos de agua dulce multiplicada por 0.01 indica que la concentración de cloroalquil ésteres no debe ser mayor a 2,38mg/l.
- IX. La toxicidad aguda para organismos de agua dulce multiplicada por 0.01 indica que la concentración de ésteres del ácido ftálico no debe ser superior a 0.0094 mg/l.
- X. La toxicidad aguda para organismos de agua marina multiplicada por 0.01 indica que la concentración de ésteres del ácido ftálico no debe ser superior a 0.02944 mg/l.
- XI. Para riego de cultivos sensibles al boro, el agua contendrá como máximo 0.75 mg/l de esta sustancia, excepto para otros cultivos donde se pueden aplicar concentraciones de hasta 3 mg/.

XII. La concentración promedio de 4 días de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años.

XIII. La concentración promedio de cadmio de 4 días en $\mu\text{g/l}$ no debe exceder más de una vez cada 3 años el valor numérico de la siguiente ecuación:

$$(0.7852 [\ln (\text{dureza})] - 3.490) \\ \text{Cd } (\mu \text{ g/l}) = e$$

Dureza = mg/l como CaCO_3

XIV. La concentración promedio de una hora de esta sustancia, no debe exceder este nivel, más de una vez cada 3 años.

XV. La toxicidad aguda de clorobenzenos multiplicada por 0.01 indica que la concentración de éstos (excepto diclorobenzenos) no debe ser superior a 0.00250 mg/l para proteger a los organismos de agua dulce.

XVI. La toxicidad aguda de clorobenzenos para organismos de agua marina multiplicada por 0.01 indica que la concentración de éstos (excepto diclorobenzenos) no debe ser superior a 0.00160 mg/l .

XVII. La concentración promedio de cobre de 4 días en $\mu\text{g/l}$, no debe exceder más de una vez cada 3 años el valor numérico de la siguiente ecuación:

$$(0.8545 [\ln (\text{dureza})] - 1.465) \\ \text{Cu } (\mu\text{g}/) = e$$

Dureza = mg/l como CaCO_3

XVIII. Los organismos no deben exceder de 200 como número más probable en 100 mililitros (NMP/100 ml) en agua dulce o marina, y no más del 10% de las muestras mensuales deberá exceder de 400 NMP/100 ml.

XIX. Los sólidos suspendidos (incluyendo sedimentables) en combinación con el color, no deben reducir la profundidad del nivel de compensación de la luz para la actividad fotosintética en más de 10% a partir del valor natural.

XX. Este nivel considera el uso del agua bajo condiciones medias de textura del suelo, velocidad de infiltración, drenaje, lámina de riego empleada, clima y tolerancia de los cultivos a las sales. Desviaciones considerables del valor medio de estas variables pueden hacer inseguro el uso de esta agua.

XXI. La toxicidad aguda de dicloroetilenos para organismos de agua dulce multiplicada por 0.01 indica que su concentración no debe ser superior a 0.116 mg/l .

XXII. La toxicidad aguda de dicloroetilenos para organismos de agua marina multiplicada por 0.01 indica que su concentración no debe ser superior a 2.24 mg/l .

XXIII. La toxicidad aguda de dinitrotoluenos para organismos de agua dulce multiplicada por 0.01 indica que su concentración no debe ser superior a 0.0033 mg/ .

XXIV. La toxicidad aguda de dinitrotoluenos para organismos de agua marina multiplicada por 0.01 indica que su concentración no debe ser superior a 0.0059 mg/ .

XXV. Los fosfatos totales, medidos como fósforo, no deberán exceder de 0.05 mg/ en influentes a lagos o embalses ni de 0.025 mg/ dentro del lago o embalse, para prevenir el desarrollo de especies biológicas indeseables y para controlar la eutroficación acelerada.

Para el caso de ríos y arroyos, se permitirán concentraciones de hasta 0.1 mg/.

XXVI. La concentración total de gases disueltos no debe ser superior a 1.1 veces al valor de saturación de las condiciones hidrostáticas y atmosféricas prevalentes.

XXVII. La concentración promedio de níquel de 4 días en $\mu\text{g/}$ no debe exceder más de una vez cada tres años el valor numérico de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} &(0.8460 [n (\text{dureza})] + 1.1645) \\ &\text{Ni } (\mu\text{g/}) = e \end{aligned}$$

Dureza = mg como CaCO_3

XXVIII. La toxicidad aguda de N-nitrosaminas para organismos de agua dulce multiplicada por 0.01 indica que su concentración no debe ser superior a 0.0585 mg/.

XXIX. La toxicidad aguda de N-nitrosaminas para organismos de agua marina multiplicada por 0.01 indica que su concentración no debe ser superior a 33 mg/.

XXX. Para oxígeno disuelto, los niveles establecidos deben considerarse como mínimos.

XXXI. Para el potencial de hidrógeno (pH), los niveles establecidos deben considerarse como mínimos y máximos.

XXXII. No podrá haber variaciones mayores a 0.2 unidades de pH, tomando como base el valor natural estacional.

XXXIII. La concentración de plata en $\mu\text{g/}$ no debe exceder del valor numérico dado por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} &(1.72 [n (\text{dureza})] - 6.52) \\ &\text{Ag } (\mu\text{g/}) = e \end{aligned}$$

Dureza = mg/l como CaCO_3

XXXIV. La concentración promedio de plomo de 4 días en $\mu\text{g/l}$ no debe exceder más de una vez cada 3 años el valor numérico de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} &(1.273 [n (\text{dureza})] - 4.705) \\ &\text{Pb } (\mu\text{g/}) = e \end{aligned}$$

Dureza = mg/l como CaCO_3

XXXV. La concentración de sólidos disueltos que no tiene efectos nocivos en ningún cultivo es de 500 mg/ , en cultivos sensibles es de entre 500 y 1000 mg/ en muchas cosechas que requieren de manejo especial es de entre 1000 y 2000 mg/ y para cultivos de plantas tolerantes en suelos permeables es de entre 2000 y 5000 mg/ , requiriendo de un manejo especial.

Por otra parte, para la cosecha de frutas sensibles, la Razón de Absorción de Sodio (RAS) debe ser menor o igual que 4 y para forrajes la RAS podrá estar entre 8 y 18.

XXXVI. La concentración promedio de zinc de 4 días en µg/l no debe exceder más de una vez cada 3 años el valor numérico de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} (0.8473 [\ln (\text{dureza})] + 10.3604) \\ \text{Zn } (\mu\text{g/l}) = e \end{aligned}$$

Dureza = mg/l) como CaCO₃

Para la interpretación de las tablas anteriores se tomará en cuenta que:

- a) Los niveles están referidos a cuerpos de agua;
- b) La ausencia de datos sobre parámetros y sustancias para ciertos usos, obedece a que el nivel correspondiente no ha sido determinado;
- c) En los casos en que la columna de parámetro o sustancia, o bien, en las que se establecen los niveles aparezca un número romano, deberá consultarse el anexo de las tablas; y
- d) Cuando la referencia al número romano se encuentre en la columna correspondiente al parámetro o sustancia, se entenderá que la misma se aplica a todos los niveles correspondientes al parámetro o sustancia de que se trate. Cuando dicha referencia aparezca en cualquiera otra columna, se entenderá su aplicación limitada a ese nivel en específico.

Artículo 4.- En la aplicación de los presentes criterios ecológicos de calidad del agua, los métodos de análisis que deben observarse para determinar los niveles de los parámetros y de las sustancias presentes en los cuerpos de agua, son los contenidos en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, o en su caso, en las que expida la autoridad competente.

TRANSITORIO

ARTICULO UNICO.- El presente Acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Parte C. Memoria Fotográfica.



Figura 5. Presa La Purísima



Figura 6. Compuerta de la presa La Purísima



Figura 7. Recorrido en la Presa La Purísima



Figura 8. Botella de Van Dorn



Figura 9. Toma de muestra

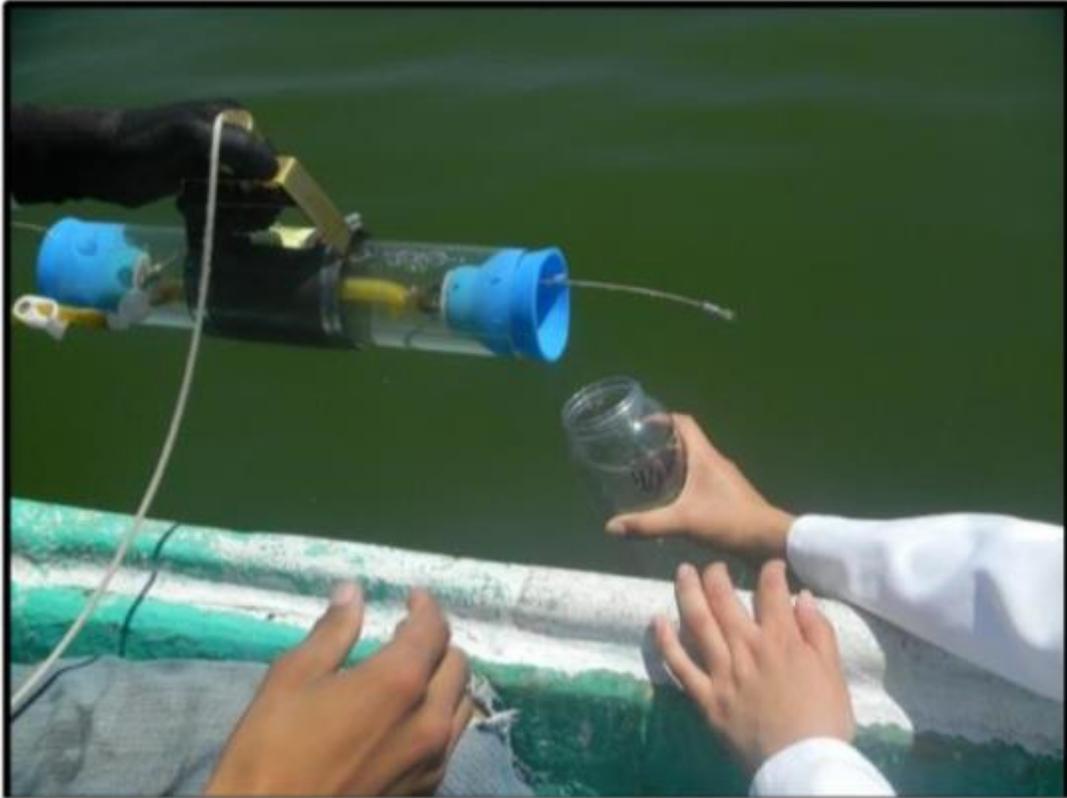


Figura 10. Muestreo de agua