

Análisis de la calidad del agua para consumo humano en la presa “La Purísima” Guanajuato, Gto.

Analysis of the quality of water for human consumption in the dam "La Purísima" Guanajuato, Gto.

David Tirado Torres¹; Guadalupe Vázquez Rodríguez¹; Patlán Salazar Candelaria¹; Óscar Estrada Jiménez¹, Brandon Alexis García Almanza¹.

¹Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato-División de Ingenierías,

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Av. Juárez No. 77 Col.

Centro Guanajuato, Gto., México, C.P. 36250.

vazquez.g@ugto.mx

Resumen

La presa de La Purísima tiene una importancia mayor para las actividades humanas de los asentamientos colindantes. Desde su construcción ha tenido un uso continuo para el consumo humano, actividades agrícolas y recreativas. La Presa La Purísima y su Zona de Influencia fue declarada Área Natural Protegida en 2005, se hace la declaratoria una vez que cuenta con una significativa variedad de especies acuáticas, es un sitio de aves residentes y migratorias, vegetación en buen estado de conservación además presenta vestigios prehispánicos. Dentro de las problemáticas se identifica la extracción de arena y roca, cacería furtiva, sobrepastoreo y mal manejo de aguas residuales, así como residuos sólidos. El exponencial crecimiento de la población, incremento de actividades productivas, dentro de las cuales destacan la agricultura, la ganadería y la industria automotriz en el estado de Guanajuato ha llevado a un estrés hídrico a las microcuencas hidrográficas; por lo tanto, las deficiencias de medidas de control dificultan un uso sostenible del agua. El presente trabajo evalúa la calidad del agua y deja material de trabajo para continuar el proyecto de implementar estrategias de manejo integral en la presa. Los resultados de calidad del agua a 10 m de profundidad y en espacio de tiempo semanal; evidencia la heterogeneidad únicamente en el parámetro de turbidez mismo que fluctúa entre 4.6 hasta 16.5 UNT, rebasando el límite máximo permisible de la NOM-127 SSA1-2021 (4 UNT). Estos valores en turbidez son asociados principalmente al movimiento constante de las aguas por actividades de pesca, así como por escorrentías producto de una precipitación atípica en el periodo de muestreo.

Palabras clave: Presa La Purísima, calidad de agua, eutroficación.

Introducción

El deterioro y calidad del agua en fuentes de abastecimiento sugiere un riesgo en sanitario una vez que dentro del uso y consumo se identifican procedimientos cotidianos de limpieza y elaboración de alimentos, así como actividades de aseo personal. La evaluación de la calidad del agua permite anticipar medidas de control y mitigación de los parámetros que sugieren un riesgo en términos de salud. El crecimiento de asentamientos humanos colindantes a cuerpos de agua hace que los procesos socio económicos en estas zonas se conviertan en un factor adicional de presión y deterioro ambiental (FAO 1997). En este contexto, las aguas superficiales y los sedimentos son potencialmente receptores de los residuos sólidos y líquidos producidos en el área de influencia. Estos residuos pueden ser orgánicos e inorgánicos de tipo industrial y doméstico mismos que en ocasiones con descargados directamente al cuerpo de agua o llegar a través de escorrentías (Mendoza M, 2006). Por otra parte, el manejo inadecuado de desechos sólidos, vertimientos de aguas residuales, así como derrames de combustibles, grasas y aceites, son asociados a cambios en las características fisicoquímicas del recurso hídrico (OMS 2015, Hernández M. 2016, Olgún E. 2010). En este contexto, en agosto de 2004, la Asociación Civil denominada Colonos y usuarios de la Presa La Purísima A.C., solicitó al Instituto de Ecología del Estado su apoyo para realizar los estudios técnicos necesarios a fin de declarar como Área Natural Protegida a la zona conocida como Presa La Purísima y su Zona de Influencia

(DECLARATORIA DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA PRESA LA PURÍSIMA Y SU ZONA DE INFLUENCIA). Los cambios que presenta la norma NOM-127-SSA1-2021 en sustitución de la anterior NOM-127-SSA1-1994, han sido específicos, una vez que los parámetros eliminados (olor y sabor, compuestos fenólicos, cloruros, sodio, zinc, entre otros; se han modificado con base en estudios de riesgo para la salud y en análisis comparativos con la normatividad internacional. Los parámetros que se incluyeron son níquel, selenio, Giardia lamblia, microcistina-LR, plata total y subproductos de la desinfección: bromodichlorometano, bromoformo, cloroformo, dibromoclorometano, ácido cloroacético, ácido dicloroacético, bromatos, cloratos, cloritos y formaldehído. Los que disminuyeron sus límites máximos permisibles (Imp): turbiedad (de 5 a 4 UNT), color (de 20 UCV a 15 UC), fluoruros (de 1.5 a 1 mg/l), nitrógeno de nitritos (de 1.0 a 0.9 mg/l), arsénico (de 0.05 a 0.025 y hasta 0.01 mg/l de forma gradual hasta 2029), cadmio (de 0.005 a 0.003 mg/l de forma gradual hasta 2029), radiactividad alfa total (de 0.56 a 0.5 Bq/l) y radiactividad beta total (de 1.85 a 1.0 Bq/l). Los parámetros que aumentaron sus Imp: Nitrógeno de nitratos (de 10 a 11 mg/l), bario (de 0.7 a 1.3 mg/l), mercurio (de 0.001 a 0.006 mg/l) y yodo residual libre (con un intervalo de 0.2-0.5mg/l, pasa a un intervalo de 0.2 – 1.5 mg/l). El análisis de cloruros totales presenta como interferencias los iones bromuro, yoduro y cianuro se registran como concentraciones equivalentes de cloruro. Por otra parte, los iones sulfuro, tiosulfato y sulfito presentan también interferencias. El ortofosfato en concentraciones mayores de 25 mg/L al precipitar como fosfato de plata y el hierro con concentraciones arriba de 10 mg/L interfiere enmascarando el punto final de la valoración. Así en la actualización de la norma se determinan aniones (bromato, clorato y clorito) que son subproductos de la desinfección de agua. El análisis se lleva a cabo mediante cromatografía de intercambio iónico y detector de conductividad. Para el análisis integral de la calidad de agua, esta caracterización presentada forma parte de la etapa inicial del análisis integral de la presa. El siguiente paso es el análisis con la determinación de los parámetros relacionados a metales y metaloides, arsénico y cadmio, pruebas microbiológicas y de fitotoxinas, radioactividad y parámetros de desinfección del agua y compuestos orgánicos sintéticos. Estos análisis complementarios reflejarán entonces el estado de la calidad del agua de la presa en términos sanitarios y toxicológicos.

Metodología

Muestreo

La recolección de muestras se dividió en 4 muestreos de manera simple, ayudados por un dispositivo muestreador de elaboración propia en el laboratorio del área de Hidráulica de la Universidad de Guanajuato. Previo al muestreo se acondicionaron botes de plástico correctamente lavados según lo indican la norma correspondiente, NOM-127-SSA1-1994. Posteriormente se procedió a etiquetar los botes de acuerdo a las características de interés (profundidad, turbidez, pH y oxígeno disuelto). Se contactó a personal de las viviendas aledañas con pleno conocimiento de la presa “La Purísima” para tener un previo recorrido en lancha alrededor de toda la presa, de esta manera se ubicaron los puntos ya trazados previamente mediante la utilización de un GPS. Se establecieron 10 puntos para el muestreo, como se muestra en la Figura 1, posteriormente se procedió a bajar el dispositivo a una profundidad de 10 m, al subirlo se vertió la muestra en los recipientes con la ayuda de un embudo no sin antes enjuagarlos con la misma muestra, ya teniendo la muestra en su recipiente se almacenaron en una hielera que los mantenía a una temperatura no mayor a los $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, para su preservación. Este procedimiento se llevó a cabo en cada uno de los puntos ya mencionados. Al término del muestreo se dispuso a trasladar las muestras al laboratorio una vez ahí las muestras se preservaron en refrigeración para su posterior análisis.

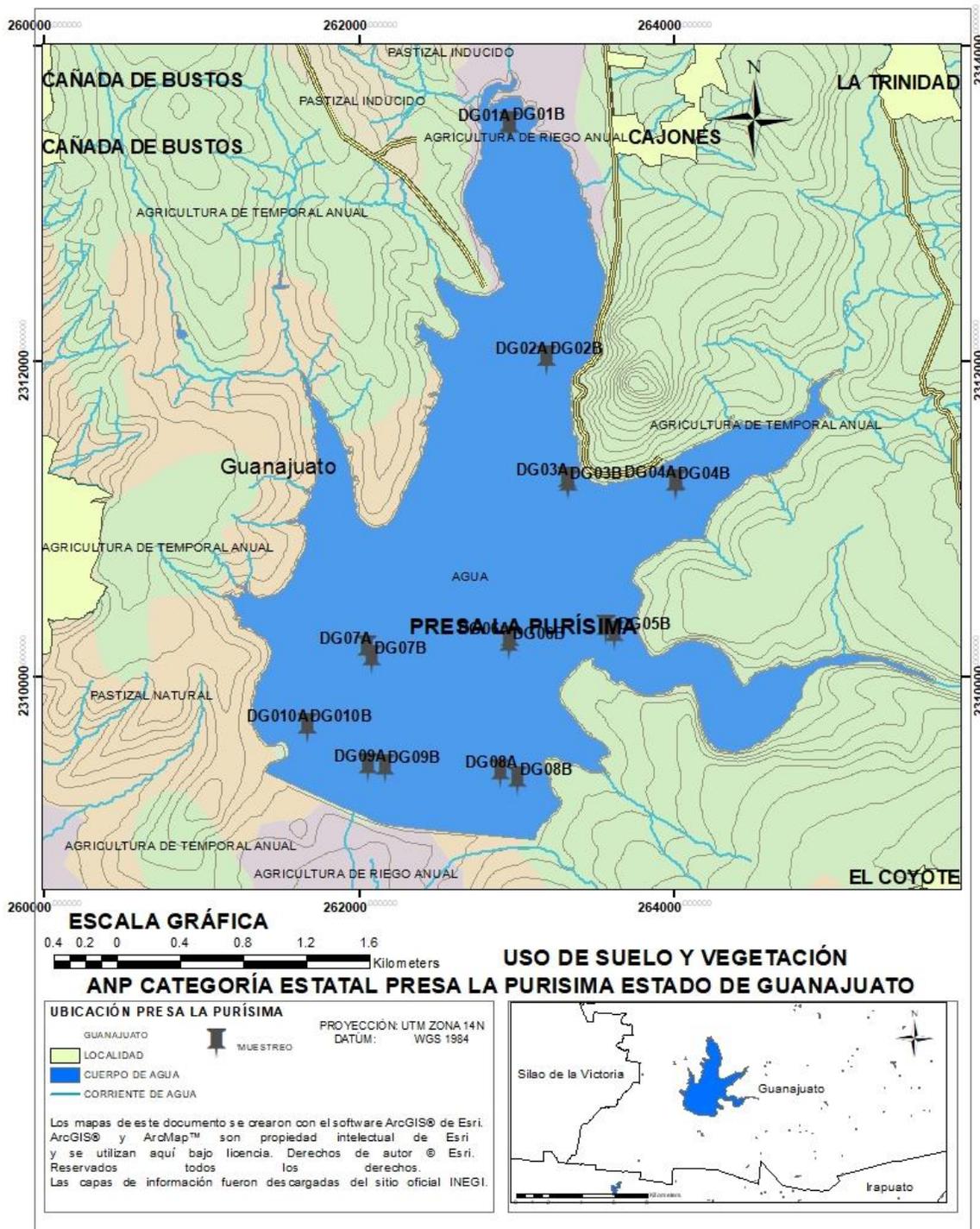


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo, dentro de la presa la purísima, en el estado de Guanajuato, México.

Caracterización fisicoquímica de las muestras de agua

Determinación de nitritos

La determinación de nitritos, se realizó mediante la Técnica de espectrofotometría a 543 nm, bajo la Norma Mexicana: NMX-AA-099-SCFI-2021. Se preparó la muestra para estar libre de color y turbiedad, esto se logró adicionando 2 mL de disolución clarificadora a 100 mL de muestra, se agito y se llevó a filtración con papel de poro medio y se neutralizo el filtrado a un pH de 7. Posteriormente se tomó 50 mL de muestra el cual se vertió en un matraz Erlenmeyer, se continuó adicionando 1 mL de disolución de sulfanilamida, se agito en repetidas ocasiones y se dejó reaccionar entre 2 a 8 min. Se adiciono 1 mL de NEDA hasta obtener un pH entre 1.9 y 2.5. Finalmente se dejó reposar hasta obtener una coloración purpura y se continuó leyendo a una absorbancia de 543 nm.

Determinación de nitratos

La determinación de nitratos se llevó a cabo bajo la Norma Mexicana: NMX-AA-079-SCFI-2001. Se filtró 50 mL de muestra de la cual solo se coló 5 mL en cada tubo de ensaye con 3 gotas de arsenito de sodio. Se llevó a una filtración con un embudo Kitasato para retirar la turbidez, se procedió a colocar las muestras en tubos de ensaye junto con un blanco. Posteriormente se añadió 1 mL de NaCl y se llevó agitación, al concluir se añadió 5 mL de ácido sulfúrico y se continuó en constante agitación y se dejó enfriar. Posteriormente se les coloco 25 mL de reactivo de disolución brucina ácido sulfanilico junto con agua y se sometió a ebullición durante 20 min en autoclave. Al concluir este proceso las muestras tuvieron una coloración ligeramente amarillenta, como se muestra en la Figura 3, lo cual se presume que hay presencia de nitritos. Posteriormente se procedió a su enfriamiento para poder leer su absorbancia a una longitud de onda de 410 nm.

Determinación de dureza total

Para la determinación de dureza total, se digestaron 130 mL de muestra y se midió el pH hasta ajustarlo a un valor de 10 utilizando una disolución de amoniaco, se procedió añadir 50 mL de muestra en matraces de 100 ML junto con 2 mL de solución amortiguadora, posteriormente se añadió 0.2 g de Negro de Eriocromo T, hasta que el color transitara a color vino rojizo. Finalmente se tituló con EDTA a 0.01 molar, y se continuó añadiendo la disolución con constante agitación hasta lograr desaparecer el color y que virara a un color azul tenue.

Determinación de cloruros

Se aplicó mediante la Técnica de: Valoración, basado en la Norma Mexicana: NMX-AA-073-SCFI-2001. Para la determinación de cloruros se tomaron 100 mL por cada una de las muestras y se llevó a un proceso de filtrado utilizando el embudo Kitasato. Al término del filtrado se procedió ajustar el pH entre 7 a 10 con hidróxido de sodio para bajarlo o ácido sulfúrico para lograr elevarlo. Al conseguir el pH deseado se adiciono a cada una de las muestras 1mL de solución indicadora de cromato de potasio, posteriormente se procedió a titular con AgNO_3 , hasta obtener un viraje de color amarillo a naranja rojizo.

Determinación de Ion Sulfato

Se aplicó mediante la Técnica de: Absorbancia, basado en la Norma Mexicana: NMX-AA-074-SCFI-2014. Se transfirió 100 mL de muestra a un matraz Erlenmeyer y se añadió 20 mL de reactivo Buffer A y se mezcló en el aparato agitador, mientras se estaba agitando la solución se añadió una pisca de cloruro de bario y se procedió a tomar lectura. Cuando se concluyó la agitación se procedió a medir la turbiedad en unidades de absorbancia dejando un intervalo de tiempo de entre $5 \text{ min} \pm 0,5 \text{ min}$ y se leyó la absorbancia a 420 nm.

Determinación de turbidez

La turbidez se determinó por medio de un turbidímetro Marca: HACH Modelo: 2100 Q cual se calibro mediante sus propias especificaciones basado en la NMX-AA-038-SCFI-2001. Las muestras se leyeron a temperatura ambiente para evitar los errores significativos.

Determinación de pH

El pH se determinó mediante un Marca: HACH el cual se calibro mediante sus propias especificaciones, las muestras que se leyeron fueron previamente agitadas para evitar asentamientos en la respectiva muestra basado en la NMX-AA-008-SCFI-2016.

Determinación de oxígeno disuelto

El Oxígeno Disuelto (OD) con fundamento en la NMX-AA-012-SCFI-2001. se determinó mediante un medidor de mesa de oxígeno disuelto marca: Thermo Fisher Scientific modelo: Orion Star A113, el cual fue calibrado mediante sus propias especificaciones, se vertieron las muestras de cada uno de los puntos en el recipiente de medición y se procedió a medir el (OD) de cada una de las muestras.

Resultados

Los análisis realizados en la presa la purísima respecto a la determinación de nitratos (Tabla 1) se encuentran bajo los límites máximos permisibles norma Nom-127SSA-1994, en comparación de los resultados obtenidos en la presa La Purísima, que data del 2015 según un artículo publicado por la revista "Jóvenes en la Ciencia" en la cual los resultados registrados fueron de 14.7 ppm que supera los límites aceptables, esto debido al uso indebido de abonos nitrogenados y la evidente contaminación por materia orgánica. Respecto a la determinación de nitritos, los resultados (Tabla 2), también se encuentran bajo los límites máximos permisibles norma Nom-127SSA-1994, en comparación de los resultados obtenidos en el estudio de 2015 mencionado anteriormente, donde se reporta 14.7 ppm que supera los límites aceptables. El comportamiento de estos resultados sugiere que en 2015 el muestreo se llevó a cabo posterior a los días de precipitaciones, mismas que provocaron el arrastre de sales incorporadas al suelo agrícola.

Uno de los problemas más comunes de toxicidad en aguas de irrigación son los cloruros. En los resultados obtenidos se determinaron concentraciones de cloruros de 40 a 80 mg/L (Tabla 3). Las concentraciones más bajas correspondieron al primer muestreo, sin embargo, en los siguientes muestreos, las concentraciones se elevaron considerablemente. Este comportamiento es relacionado a los afluentes que se incorporan a la presa por escurrimientos superficiales de las zonas que se encuentran alrededor. Las concentraciones de cloruros obtenidas en los sitios de muestreo no representan un riesgo para los cultivos, así como también se encuentran por debajo de los límites permisibles de la Nom-127-SSA-1994. Este parámetro fue analizado con la metodología sugerida por la NOM-127-SSA-1994, una vez que no se logró realizar el análisis de cloratos, cloritos y bromatos según la actualización de esta norma publicada en 2021.

La dureza total (Tabla 4) esta principalmente basada en las concentraciones de sales de calcio y magnesio en las muestras, lo cual se puede relacionar con la conductividad eléctrica en el caso de nuestros resultados denotan ser un agua con una cantidad de dureza muy alta debido a los escurrimientos de montaña, cultivos y ríos que suelen traer consigo sales y minerales que hacen que el agua sea salitrosa.

El Ion sulfato (Tabla 5) se encuentra a menudo en las aguas potables y no son en demasía perjudiciales para el consumo humano, aunque el exceso en su consumo normalmente puede derivar en enfermedades y problemas de salud como lo son gastrointestinales. Cuando nos enfrentamos a niveles muy altos de Sulfatos es un poco más sencillo detectarlos ya que suelen producir un olor putrefacto y un sabor muy fuerte, además que de consumirlo en altos niveles causa diarrea, náuseas y malestar estomacal.

En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo depende de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas

y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. Los resultados de la concentración de OD se presentan en la (Tabla 6) los valores fluctuaron de 70 a 96 mg/L a 80 mg/L.

El promedio de oxígeno disuelto es considerado como la cantidad efectiva de oxígeno gaseoso (O_2) en el agua términos de su presencia en el volumen de agua (miligramos de O, por litro) 0 de saturación en porcentaje (Naciones Unidas, 2005). Este parámetro es asociado a la vida acuática al intervenir en procesos químicos y biológicos; las condiciones aeróbicas favorecen la diversidad de especies al subsistir a concentraciones de OD superiores a 4 mg/l. Así, los valores de OD puede usarse como indicador del grado de contaminación orgánica, de la tasa de degradación de sustancias orgánicas e inorgánicas, así como la capacidad de autodepuración de corrientes superficiales. Una concentración mayor a los 10 mg/L en un cuerpo de agua, nos indica que se encuentra en una condición sobresaturada, probablemente teniendo como consecuencia un sistema en plena producción fotosintética. Cabe de mencionar que el muestreo se llevó a cabo durante el día, donde suelen encontrarse concentraciones mayores de OD cuando la fotosíntesis llega a sus mayores niveles luego del mediodía, mientras más bajas se registran durante la noche. En los lagos el nivel de OD varía fundamentalmente con la profundidad, mientras en los ríos y arroyos los cambios suelen estar más vinculados a la dimensión horizontal (Arocena,1999).

El pH es un factor muy importante, dado que algunos procesos químicos se llevan a cabo solo a un determinado pH, así como también es un indicador de la acidez en una sustancia. Los valores de pH de las muestras fueron muy similares, ya que se encuentran en un rango de 7.6 a 8.3 teniendo como resultado un pH neutro ligeramente alcalino, conservándose dentro del límite permisible de acuerdo a la Nom-127-SSA1-2021.

Los resultados de turbidez (Tabla 8) no presentaron tendencia, por el contrario, se observó una alta variabilidad en la turbiedad, el rango observado fue de 9 a 16 de Unidades Nefelométrías de Turbidez (NTU). El promedio fue de 7.7 y la desviación estándar de 1.6. esto se debe a diversos factores, entre ellos uno de los más importantes fue el movimiento del agua al momento del muestreo. Cabe de mencionar que dicho movimiento provoca la suspensión de partículas disueltas y por consecuencia mayor turbiedad, por el contrario, el agua estancada permite la sedimentación de los sólidos (Bain,1999). Los valores de turbiedad encontrados en diversos sitios de muestreo no representan ningún riesgo de acuerdo a los límites permisibles de la Nom-127-SSA1-2021.

Tabla 1. Resultados de la determinación de nitratos en muestras de agua de la presa La Purísima.

Puntos de muestreo	Concentración de Nitratos en mg/L			
	Fecha			
	06/05/23	13/05/23	20/05/23	27/05/23
DG01	0.190 ± 0.015 _b	0.377 ± 0.033 _a	0.221 ± 0.016 _b	0.333 ± 0.027 _a
DG02	0.115 ± 0.022 _b	0.216 ± 0.060 _a	0.148 ± 0.010 _b	0.202 ± 0.039 _{ab}
DG03	0.124 ± 0.014 _b	0.237 ± 0.014 _a	0.153 ± 0.031 _b	0.217 ± 0.025 _a
DG04	0.130 ± 0.010 _b	0.287 ± 0.031 _a	0.124 ± 0.001 _b	0.229 ± 0.018 _a
DG05	0.094 ± 0.012 _b	0.215 ± 0.034 _a	0.083 ± 0.002 _b	0.166 ± 0.020 _a
DG06	0.159 ± 0.022 _b	0.380 ± 0.065 _a	0.122 ± 0.004 _b	0.279 ± 0.039 _a
DG07	0.163 ± 0.047 _b	0.416 ± 0.143 _a	0.097 ± 0.005 _b	0.285 ± 0.082 _a
DG08	0.112 ± 0.029 _b	0.201 ± 0.071 _a	0.151 ± 0.020 _b	0.196 ± 0.051 _a
DG09	0.089 ± 0.018 _b	0.204 ± 0.055 _a	0.076 ± 0.002 _b	0.105 ± 0.032 _a
DG10	0.129 ± 0.006 _b	0.225 ± 0.016 _a	0.183 ± 0.002 _b	0.166 ± 0.010 _a

Límite máximo permisible Nom-127-SSA1-2021: 11 mg/L. Análisis ANOVA (P<0.05). Test Tukey (95%): Las medias en la misma fila con una letra en común no son significativamente diferentes.

Tabla 2. Resultados de la determinación de nitritos.

Puntos de muestreo	Concentración de Nitritos en mg/L	
	Fecha	
	13/05/23	20/05/23
DG01	0.039 ± 0.009 _b	0.038 ± 0.007 _a
DG02	0.045 ± 0.008 _b	0.048 ± 0.012 _a
DG03	0.026 ± 0.012 _b	0.027 ± 0.008 _a
DG04	0.035 ± 0.005 _b	0.038 ± 0.007 _a
DG05	0.021 ± 0.006 _b	0.034 ± 0.012 _a
DG06	0.018 ± 0.002 _b	0.032 ± 0.002 _a
DG07	0.022 ± 0.004 _b	0.020 ± 0.003 _a
DG08	0.018 ± 0.001 _b	0.022 ± 0.004 _a
DG09	0.025 ± 0.004 _b	0.023 ± 0.005 _a
DG10	0.022 ± 0.001 _b	0.026 ± 0.009 _a

Límite máximo permisible Nom-127-SSA1-2021: 0.9 mg/L. Análisis ANOVA ($P < 0.05$). Test Tukey (95%): Las medias en la misma fila con una letra en común no son significativamente diferentes.

Tabla 3. Resultados de la determinación de cloruros.

Puntos de muestreo	Concentración de Cloruros en mg/L			
	Fecha			
	06/05/23	13/05/23	20/05/23	27/05/23
DG01	51.30 ± 1.43 _b	58.23 ± 1.15 _b	83.38 ± 2.81 _a	80.12 ± 1.46 _a
DG02	47.34 ± 4.99 _b	56.25 ± 1.15 _b	74.45 ± 12.63 _a	73.94 ± 3.47 _a
DG03	44.47 ± 1.94 _c	58.23 ± 1.15 _b	64.52 ± 4.21 _a	69.45 ± 1.75 _a
DG04	41.83 ± 1.61 _c	58.89 ± 3.03 _{ab}	56.58 ± 1.40 _b	65.33 ± 2.62 _a
DG05	40.27 ± 0.00 _b	55.59 ± 0.00 _a	55.59 ± 0.00 _a	62.90 ± 0.00 _a
DG06	41.47 ± 0.42 _b	58.89 ± 1.15 _a	55.59 ± 0.00 _a	64.77 ± 0.88 _a
DG07	42.07 ± 0.51 _b	55.59 ± 0.00 _{ab}	60.55 ± 1.40 _a	65.70 ± 0.29 _a
DG08	44.47 ± 1.34 _b	58.23 ± 2.29 _a	64.52 ± 1.40 _a	69.45 ± 2.05 _a
DG09	45.31 ± 0.00 _b	57.57 ± 0.00 _a	67.50 ± 0.00 _a	70.76 ± 0.00 _a
DG10	44.30 ± 1.10 _c	56.91 ± 3.03 _b	65.38 ± 65.38 _{ab}	69.19 ± 2.34 _a

Límite máximo permisible Nom-127SSA-1994: 250 mg/L. Análisis ANOVA ($P < 0.05$). Test Tukey (95%): Las medias en la misma fila con una letra en común no son significativamente diferentes.

Tabla 4. Resultados de la determinación de dureza total.

Puntos de muestreo	Concentración de Dureza en mg/L			
	Fecha			
	06/05/23	13/05/23	20/05/23	27/05/23
DG01	106 ± 0 _b	122 ± 0 _b	170 ± 0 _a	165 ± 0 _a
DG02	97 ± 2 _c	126 ± 2 _b	143 ± 4 ^a	152 ± 2 _a
DG03	96 ± 1 _c	96 ± 1 _b	138 ± 0 _{ab}	149 ± 1 _a
DG04	97 ± 2 _c	97 ± 2 _b	142 ± 6 _{ab}	152 ± 3 _a
DG05	92 ± 2 _c	92 ± 2 _b	138 ± 0 _a	143 ± 2 _a
DG06	96 ± 5 _b	96 ± 5 _b	142 ± 0 _a	150 ± 4 _a
DG07	92 ± 11 _b	92 ± 11 _b	139 ± 1 ^a	144 ± 9 _a
DG08	95 ± 2 _b	95 ± 2 _b	136 ± 11 ^a	148 ± 4 _a
DG09	94 ± 0 _c	94 ± 0 _b	137 ± 7 _b	147 ± 1 _a
DG10	95 ± 1 _b	95 ± 1 _b	139 ± 4 _a	149 ± 2 _a

Límite máximo permisible Nom-127-SSA1-2021: 500 mg/L. Análisis ANOVA ($P < 0.05$). Test Tukey (95%): Las medias en la misma fila con una letra en común no son significativamente diferentes.

Tabla 5. Resultados de la determinación de sulfatos.

Puntos de muestreo	Concentración de Sulfatos en mg/L			
	Fecha			
	06/05/23	13/05/23	20/05/23	27/05/23
DG01	7.55 ± 0.77	7.85 ± 0.81	7.96 ± 0.81	8.50 ± 0.87
DG02	7.92 ± 0.14	8.56 ± 0.00	8.02 ± 0.28	8.91 ± 0.16
DG03	7.58 ± 0.12	7.99 ± 0.00	7.89 ± 0.24	8.54 ± 0.13
DG04	8.20 ± 0.59	8.19 ± 0.62	8.98 ± 0.62	9.23 ± 0.66
DG05	8.57 ± 0.82	8.89 ± 0.85	9.05 ± 0.85	9.65 ± 0.92
DG06	8.91 ± 0.91	9.09 ± 0.95	9.56 ± 0.95	10.03 ± 1.02
DG07	9.60 ± 0.73	9.97 ± 0.76	10.13 ± 0.76	10.81 ± 0.82
DG08	10.40 ± 1.50	10.67 ± 1.57	11.11 ± 1.57	11.71 ± 1.68
DG09	9.91 ± 1.41	10.67 ± 1.47	10.09 ± 1.47	11.16 ± 1.58
DG10	10.25 ± 0.82	14.33 ± 1.71	7.14 ± 0.00	11.54 ± 0.92

Límite máximo permisible Nom-127-SSA-2021: 400 mg/L. Análisis ANOVA (P>0.05).

Tabla 6. Resultados de la determinación de oxígeno disuelto puntual.

Puntos de muestreo	Concentración de OD en mg/L		
	Fecha		
	13/05/23	20/05/23	27/05/23
DG01	84	76.8	65.8
DG02	84.9	86.9	73.9
DG03	70.3	75.9	88.7
DG04	70.6	65.3	69.8
DG05	82.3	80.3	79.4
DG06	83.6	77.71	75.8
DG07	94.6	73.8	78.3
DG08	77.3	81.7	83.2
DG09	89.3	85.8	78.1
DG10	86.6	80.9	81.1

OMS: 4.0 mg/L.

Tabla 7. Resultados de pH puntual.

Puntos de muestreo	pH en mg/L		
	Fecha		
	13/05/23	20/05/23	27/05/23
DG01	8.17	8.3	8.2
DG02	8.26	8.07	8.34
DG03	8.04	7.91	8.25
DG04	7.9	7.96	8.1
DG05	8.01	7.74	8.24
DG06	8.28	8.04	8.31
DG07	8.3	7.98	8.37
DG08	8.42	7.99	8.12
DG09	8.36	8.11	8.18
DG10	8.31	8.11	8.11

Límite máximo permisible Nom-127-SSA1-2021: 6.5-8.5.

Tabla 8. Resultados de la determinación de turbidez.

Puntos de muestreo	Concentración de Turbidez en mg/L		
	Fecha		
	13/05/23	20/05/23	27/05/23
DG01	14	15.5	14.6
DG02	9.19	7.82	13.6
DG03	12.5	6.08	9.07
DG04	15.5	6.22	9.03
DG05	10.6	4.63	9.04
DG06	9.42	6.8	7.4
DG07	14.4	7.44	7.65
DG08	10.3	7.66	6.66
DG09	12.7	7.69	6.69
DG10	16.5	9.87	8.67

Límite máximo permisible Nom-127-SSA1-2021: 4 UNT.

Conclusiones

La calidad del agua de la presa de la Purísima en términos fisicoquímicos resultó ser aceptable a excepción del parámetro de turbidez. Los valores registrados de turbidez son asociados principalmente al movimiento del agua por una precipitación atípica, así como actividades turísticas y de pesca donde son utilizadas lanchas de motor. Como segunda parte del análisis integral es oportuno continuar con la cuantificación de los parámetros relacionados a metales y metaloides, arsénico y cadmio, pruebas microbiológicas y de fitotoxinas, radioactividad y parámetros de desinfección del agua y compuestos orgánicos sintéticos que reflejarán el estado de la calidad del agua de la presa en términos sanitarios y toxicológicos. Este análisis integral será pionero en el establecimiento del manejo integral de la presa y de la zona de influencia.

Bibliografía/Referencias

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato número 188, cuarta parte del 25 de noviembre de 2005. DECLARATORIA DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA PRESA LA PURÍSIMA Y SU ZONA DE INFLUENCIA.

NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.

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.

FAO. (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudios de la FAO. Roma.

Mendoza, M. (2006). Impacto de la tierra, en la calidad del agua de la microcuenca río sábalos. Cuenca del Río San Juan: Turrialba.

Organización Mundial para la Salud. (2015). Consideraciones sobre el programa medio Ambiente y salud en el Istmo Centroamericano. San José, CR.

Hernández, M. B., Iturvide, F. A., & Lucio, M. A. M. (2016). Determinación de calidad de agua y estudio batimétrico en la presa de la Purísima y la laguna de Yuriria del estado de Guanajuato. Jóvenes en la ciencia, 2(1), 16-20.

Olguín E. J., González R. E., Sánchez G. G., Zamora J. E. C., y Owen T. (2010). "Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México" Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal. Vol. 2: pp.178-190.

Torres P., Hernán C. C., y Patiño P. J. (2009). "Índices de Calidad de Agua en Fuentes Superficiales Utilizadas en la Producción de Agua Para consumo Humano. Una Revisión Crítica." Revista Ingenierías Universidad de Medellín, pp:79-94.

Medina R., Rivera P., Wruck W., Gómez A., Cortés H., Viramontes D., Palma G., Olvera D., Yañez M., Aguayo A. , y Pérez J. C. (2004). Conservación y manejo participativo en microcuencas de la subcuenca La Purísima, Guanajuato. editado por Instituto Nacional de Ecología. México.

Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e investigación, 27(3).

Toro, M., Robles, S., Avilés, J., Nuño, C., Vivas, S., Bonada, N. & Jáimez-Cuéllar, P. (2002). Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico-químicas. Limnetica, 21(3-4), 63-75.

NMX-AA-099-SCFI-2021, Análisis de Agua – Medición de Nitrógeno de Nitritos en Aguas Naturales, residuales, Residuales Tratadas y Marinas – Método de Prueba.

NMX-AA-099-SCFI-2021 Análisis de aguas - determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - método de prueba.

NMX-AA-073-2001. Análisis de agua - determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba.

NMX-AA-072-2001. Análisis de agua - determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba.

NMX-AA-074-2014. Análisis de agua – medición del ion sulfato en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba.

NMX-AA-008-2016. Análisis de agua.- medición del pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- método de prueba.

NMX-AA-008-012-2001. ANÁLISIS DE AGUA - Determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba.