

Caracterización del agua de la presa “La Golondrina” en el municipio de Pénjamo

Lugo Martínez Jesús Raúl*, García Torres Claudia, Martínez Padilla Jesús Juvencio, Gómez Delgado Paola, Duarte García Paúl Emmanuel, Mendoza Velázquez Vianca Pilar Adelina, González Cabello Evelyn Paola, Baltazar Arellano Grecia Yaretzi

Escuela de Nivel Medio Superior de Pénjamo, Universidad de Guanajuato, Calle Hilarión Espinosa González s/n C.P. 36900. Pénjamo, Gto. México.

* lugom@ugto.mx

Resumen

Las presas de agua son infraestructuras vitales que desempeñan importantes y diversos roles en la gestión de recursos hídricos, suministro de agua potable, generación de energía, control de inundaciones y apoyo a la agricultura e industria y de mayor prioridad en los tiempos en que aquejan las sequías en la región. La construcción y mantenimiento adecuados de estas estructuras son esenciales para el desarrollo sostenible y el bienestar de las comunidades. Por lo que la caracterización de su agua es un proceso fundamental que se realiza en específico para la presa de la Golondrina en el municipio de Pénjamo, para esta investigación, con el objetivo de asegurar su calidad y adecuación para diversos usos. Entre las razones principales, es importante considerar que este reservorio cuenta con la calidad para su uso agrícola y otros usos que benefician al entorno donde se encuentra. La industria también se beneficia de la caracterización del agua, ya que ciertos procesos industriales requieren agua con características específicas, como baja dureza y pocos sólidos disueltos. Otra razón trascendente para caracterizar el agua de una presa es la conservación de los ecosistemas acuáticos. Parámetros fisicoquímicos presentes (como el nitrógeno, el fósforo, el pH, sólidos disueltos) son cruciales para la flora y fauna locales. Cualquier desequilibrio puede tener efectos devastadores en el ecosistema. Asimismo, se puede considerar como para actividades recreativas como la natación, la pesca y la navegación, es importante asegurar que el agua no contenga sustancias tóxicas, además de algunos metales que son característicos de la región. Para lograr una caracterización precisa, se utilizan diversos métodos de análisis químico, biológico y físico, que juntos proporcionan una visión completa de la calidad del agua y su idoneidad para los distintos usos referidos.

Palabras clave: calidad del agua, parámetros fisicoquímicos, contaminantes, presas, caracterización.

Introducción

El agua es un recurso esencial para la vida en la Tierra. Su importancia se extiende desde la supervivencia de todos los seres vivos, hasta el mantenimiento de los ecosistemas y el desarrollo económico de las sociedades humanas. El agua es vital para todos los seres vivos. Constituye aproximadamente el 60% del cuerpo humano y es fundamental para el

funcionamiento de todos los sistemas biológicos. Participa en procesos esenciales como la digestión, la absorción de nutrientes, la circulación sanguínea y la regulación de la temperatura corporal. Sin un suministro adecuado de agua, los organismos no pueden sobrevivir (Fernández, 2012).

Así como para el ser humano es imprescindible el agua, esta también es crucial para el mantenimiento de los ecosistemas. Ríos, lagos, océanos y humedales albergan una gran diversidad de vida. Estos ecosistemas acuáticos proporcionan hábitats para numerosas especies de plantas y animales, muchos de los cuales dependen del agua para su reproducción, alimentación y refugio. Además, los ecosistemas acuáticos desempeñan un papel clave en la regulación del clima y la calidad del aire, y contribuyen a la estabilidad de los suelos y la reducción de riesgos de desastres naturales como inundaciones y sequías. La agricultura es un factor importante para la supervivencia del ser humano, es la base de la alimentación humana, y el agua, un recurso fundamental para la agricultura. Los cultivos necesitan agua para crecer y producir alimentos. En muchas regiones del mundo, el riego es necesario para asegurar la producción agrícola, especialmente en zonas áridas y semiáridas donde las precipitaciones son insuficientes. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura es esencial para garantizar la seguridad alimentaria global y mitigar los efectos del cambio climático. Numerosos procesos industriales también utilizan el agua. Se utiliza como solvente, medio de enfriamiento, en la limpieza de equipos y en la producción de bienes. Industrias como la textil, la química, la farmacéutica y la alimentaria dependen del agua para sus operaciones diarias. Además, el agua es utilizada en la generación de energía, tanto en plantas hidroeléctricas como en procesos de enfriamiento en plantas térmicas y nucleares. En los hogares, el agua es utilizada para beber, cocinar, limpiar, bañarse y otros fines domésticos que también son imprescindibles para el ser humano y las diversas actividades que día con día realiza. El acceso a agua potable segura es fundamental para la salud pública. La falta de agua limpia puede llevar a la propagación de enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea, el cólera y la fiebre tifoidea. Por lo tanto, garantizar el acceso a agua potable y saneamiento adecuado es una prioridad de salud global (SEMARNAT, 2008).



Figura 1. Porcentajes de distribución del agua en el planeta Tierra.

Las presas de almacenamiento para agua, su contaminación, y efectos en los ecosistemas

En un país tan heterogéneo y extenso como México, las presas aseguran el abasto de agua a sectores importantes de la población, dan vida a actividades fundamentales como la agricultura, protegen a la gente ante eventos meteorológicos extremos y permiten incluso la generación de energía eléctrica. En México existen un total de 6 mil 325 presas y bordos de almacenamiento. Las presas de almacenamiento de agua desempeñan un papel esencial en la gestión de los recursos hídricos. Estas estructuras permiten el almacenamiento de grandes volúmenes de agua, lo que proporciona una fuente confiable de suministro durante períodos de sequía. Las presas también son cruciales para la generación de energía hidroeléctrica, que es una fuente de energía renovable y limpia. Además, las presas ayudan en el control de inundaciones, protegiendo áreas río abajo de daños severos durante lluvias intensas. La regulación del flujo de agua a través de las presas también apoya el riego agrícola, lo que contribuye a la estabilidad y productividad del sector agrícola. (CONAGUA, 2020)

Pero, así como las presas de agua son infraestructuras esenciales para el almacenamiento y gestión del agua, también enfrentan desafíos significativos relacionados con la contaminación. Esta contaminación puede tener múltiples orígenes y consecuencias graves para el medio ambiente y la salud humana. Algunas de las fuentes de contaminación de las presas, son (López, 2017):

- **Aguas Residuales Urbanas:** Las descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado desde áreas urbanas son una fuente importante de contaminación. Estas aguas pueden contener patógenos, nutrientes en exceso (como nitrógeno y fósforo) y productos químicos peligrosos.
- **Aguas Residuales Industriales:** Muchas industrias descargan aguas residuales con contaminantes como metales pesados, productos químicos tóxicos y residuos orgánicos que pueden ser extremadamente dañinos para los cuerpos de agua.
- **Agricultura:** El uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes en la agricultura puede llevar a la escorrentía superficial, que transporta estos productos químicos a las presas. Esto puede resultar en la eutrofización, un proceso que provoca un crecimiento excesivo de algas y disminuye la calidad del agua.
- **Actividades Mineras:** Las operaciones mineras pueden liberar metales pesados y otros contaminantes en las fuentes de agua, que eventualmente pueden acumularse en las presas.
- **Desechos Sólidos:** La basura y otros desechos sólidos que no se gestionan adecuadamente pueden llegar a las presas a través de la escorrentía y otras vías, contaminando el agua con microplásticos y otros materiales dañinos.



Figura 2. Contaminación de presa de almacenamiento de agua

Y los impactos de la contaminación, son (Fernández, 20212):

- **Salud Humana:** La presencia de patógenos y productos químicos tóxicos en el agua de las presas puede afectar gravemente la salud humana. El consumo de agua contaminada puede causar enfermedades gastrointestinales, problemas neurológicos y otras afecciones graves.
- **Ecosistemas Acuáticos:** La contaminación afecta negativamente a la biodiversidad acuática. Los contaminantes pueden ser tóxicos para los peces, invertebrados y plantas acuáticas, alterando los equilibrios ecológicos y reduciendo la diversidad biológica.
- **Eutrofización:** El exceso de nutrientes, particularmente nitrógeno y fósforo, puede llevar a la eutrofización. Este proceso provoca el crecimiento descontrolado de algas, que consume el oxígeno disuelto en el agua, causando la muerte de peces y otros organismos acuáticos debido a la hipoxia.
- **Calidad del Agua:** La contaminación reduce la calidad del agua almacenada en las presas, haciendo que sea menos adecuada para su uso en consumo humano, agricultura e industria. Además, aumenta los costos de tratamiento del agua para eliminar los contaminantes.
- **Sedimentación y Tóxicos Acumulados:** Los sedimentos contaminados pueden acumularse en el fondo de las presas, afectando su capacidad de almacenamiento y liberando toxinas lentamente en el agua durante años.



Figura 3 y 4. Presa de almacenamiento de agua “La Golondrina”, Pénjamo, Gto.

A continuación, se muestran los valores de parámetros permisibles para la calidad del agua, de acuerdo con NOM-001-SEMARNAT-2021, considerando que, aun que se reciban descargas de aguas residuales, deberá conservarse esta concentración máxima. Considerándose que corresponde que el agua de la presa de “La Golondrina” se ajuste a estos valores para que no altere la calidad de los ecosistemas que viven en ella y dependen de ella (de acuerdo con la tabla 1 con los parámetros fisicoquímicos y biológicos para el agua de la presa).

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y biológicos para el agua

Parámetros (mg/L)	Ríos, arroyos, canales, drenes		
	PM	PD	VI
Temperatura (°C)	35	35	35
Grasas y aceites	15	18	21
Sólidos suspendidos totales	60	72	84
Demanda Química de Oxígeno	150	180	210
Nitrógeno total	25	30	35
Fósforo total	15	18	21
Escherichia coli (NMP/100 mL)	250	500	600
Arsénico	0.2	0.4	
pH	Entre 6 y 9		

PM

Promedio mensual

PD

Promedio diario

VI

valor instantáneo

Metodología

Determinación de E. coli

Técnica de dilución e inoculación. Preparación de tubos con medio de cultivo.

Se realizó una disolución de 3.29g de Caldo lauril sulfato (Figura 5) en 90 ml de agua destilada.

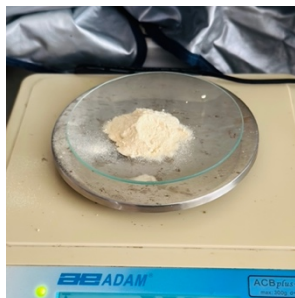


Figura 5. Mediciones del caldo lauril

En 9 tubos de ensayo con mismas dimensiones se les añadió una campana de Durham invertida (pequeños tubos de vidrio), así mismo se le añadieron a cada uno de los tubos 10ml de la disolución mencionada en el paso anterior utilizando pipetas estériles. A 3 de los tubos se les adicionó 10 ml de la muestra de agua, a otros 3 tubos se les

agregó 1ml de la muestra de agua y a los últimos 3 tubos se les agregó 0.1ml de la muestra de agua, siguiendo el diagrama de la Figura 6.

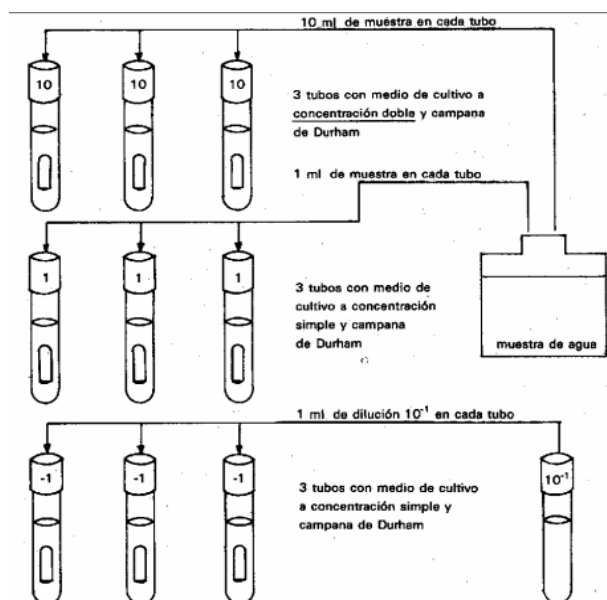


Figura 6. Esquema ejemplar de los pasos anteriores

Siembra en agar de eosina y azul de metileno para identificar la presencia de E. Coli

Disolver 4.32 g de agar de eosina y azul de metileno en 120ml de agua destilada en un matraz Erlen Meyer. Luego, calentar con agitación frecuente y llevar a ebullición hasta su disolución total. Posteriormente, esterilizar en autoclave 121°C durante 15 minutos y distribuir en placas de petri estériles. Realizar la siembra por estriado directo de las bacterias coliformes presentes en los tubos con el caldo lauril, e ingresar las siembras a la incubadora por un tiempo de 24 a 48 horas a 37°C, como se representa en las Figuras 7 y 8.



Figura 7. Disolución de agar de eosina, azul de metileno, y agua destilada



Figura 8. Distribución de la disolución en cajas Petri

Pruebas para presencia de salmonella:

Agregar 2 gotas de la muestra de agua a 6 de los orificios de la placa de porcelana. Añadir 1 gota del antígeno flagelar de salmonella “H” a 3 de las gotas de agua muestra y al resto de las muestras agregar 1 gota del antígeno flagelar “O”. Se agitan alrededor de 1 minuto para visualizar los resultados (Figura 9).



Figura 9. Placa de porcelana para prueba de presencia de Salmonella

Determinación de dureza total en aguas naturales

Preparación de Indicador negro de eriocromo T:

Se agrega 100g de NaCl y 0.5g de indicador negro de eriocromo T, en un mortero y se mezcla hasta que se obtenga una mezcla homogénea.

Preparación de disolución EDTA (Solución amortiguadora EDTA)

Se añade a un matraz de aforo 5.5 mL de HCl, 30 mL de aminoctanol, 0.5 g de EDTA y 500mL de agua destilada aproximadamente hasta la línea de aforo.

Se agita el agua 30 minutos, se filtra y se agregan 50ml del agua filtrada a un matraz Erlen Meyer.

Le añadimos 1ml de HNO₃ indirectamente.

Agregamos 0.2g del indicador negro de ericromo y 2mL de la solución amortiguadora al matraz con el agua filtra y el ácido y al final se realiza la titulación.

Para la fabricación del filtro:

Con ayuda de una licuadora, triturar alrededor de 100g de rastrojo de trigo (Figura 10).

En un colador de un diámetro de 14cm se añade una capa del rastrojo de trigo con 0.2 cm de espesor de manera uniforme, como se muestra en la Figura 11.

Sobre la capa del rastrojo se sobrepuso otro colador del mismo tamaño para empaquetar el rastrojo triturado, de manera que sirva como filtro al verter agua a analizar.



Figura 10. Trituración de rastrojo de trigo en la licuadora



Figura 11. Coladores con capas de rastrojo de trigo

Determinación de Arsénico

A través de la espectroscopia de absorción atómica con llama (FAA) implica la vaporización y la atomización térmica de una muestra líquida por una llama, se aspira una disolución de muestra y se rocía como un aerosol fino en una cámara para combinarla con combustible y gases oxidantes.

Resultados

Los resultados obtenidos para las colonias de *E. coli*, considerando las 5 muestras tomadas de la presa de la Golondrina, teniendo en consideración que las muestras 1 y 2, fueron tomadas de dos lugares distintos, la 1 fue a 25 m de la compuerta y la 2 se tomó a 3 m de la compuerta, refiriendo que se tomaron ambas el pasado 13 de junio, antes del periodo de lluvias, las muestras 3, 4 y 5 se tomaron el 27 de junio, considerándose los mismos puntos de recolección de las muestras para los puntos 3 y 4 y además se adicionó un punto de muestra que correspondió al agua junto a la compuerta, como se muestra en la Tabla 2:

Tabla 2. Valores obtenidos del análisis de los 5 puntos de la presa de la Golondrina.

Número de muestra	Sin agitación	Agitación a 300 rpm		
		1 hora	24 horas	48 horas
1	+ 100 NMP/100 ML	+ 100 NMP/100 ML	650 NMP/100 ML	325 NMP/100 ML
2	+ 100 NMP/100 ML	+ 100 NMP/100 ML	680 NMP/100 ML	350 NMP/100 ML
3	+ 100 NMP/100 ML	+ 100 NMP/100 ML	680 NMP/100 ML	380 NMP/100 ML
4	+ 100 NMP/100 ML	+ 100 NMP/100 ML	690 NMP/100 ML	300 NMP/100 ML
5	+ 100 NMP/100 ML	+ 100 NMP/100 ML	650 NMP/100 ML	320 NMP/100 ML

Como se muestra en la Tabla 2, los valores de *E. coli*, superan por mucho los valores permitidos en la norma y que, al tener agitación hasta 48 horas, disminuye a un valor permitido por el mismo lineamiento. La principal diferencia entre la muestra 1 y 5 fue la presencia de lluvia en la muestra 5 permitiendo así lograr disminuir la concentración de bacterias. En las muestras 2,3,4 se puede observar que con la ayuda del filtro y el tiempo de agitación permiten disminuir porcentualmente la cantidad de bacterias. Entre la muestra 1 y 4 todas dieron para positivo en *Escherichia coli* (*E. coli*), *Salmonella* y Bacterias Coliforme, con base en la norma NMX- AA- 072 – SCFI-2001.

A partir del uso de las tiras reactivas se determina el pH: 5.5, y los nitritos positivos.

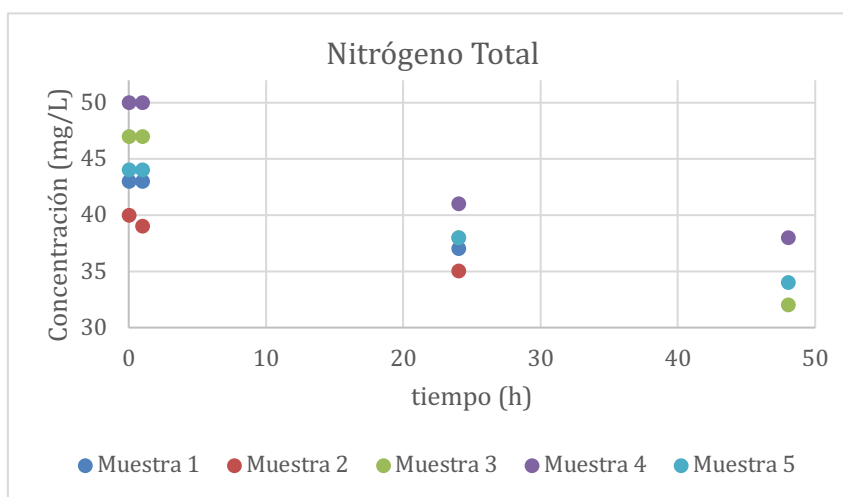
La densidad de esta agua es de 1.15 g/mL.

El pH de agua agitada: 7.5

Los sólidos totales suspendidos son de 57 mg/L, considerando que fue antes de agitación. Considerando lo establecido en la NMX-AA-026-SCFI-2010 para el Nitrógeno total, se observan las concentraciones correspondientes para las 5 muestras de agua (Tabla 3):

Tabla 3. Resultados de la degradación de Nitrógeno total.

Número de muestra	Sin agitación	Agitación a 300 rpm		
		1 hora	24 horas	48 horas
1	43	43	37	29
2	40	39	35	28
3	47	47	38	32
4	50	50	41	35
5	44	44	38	34

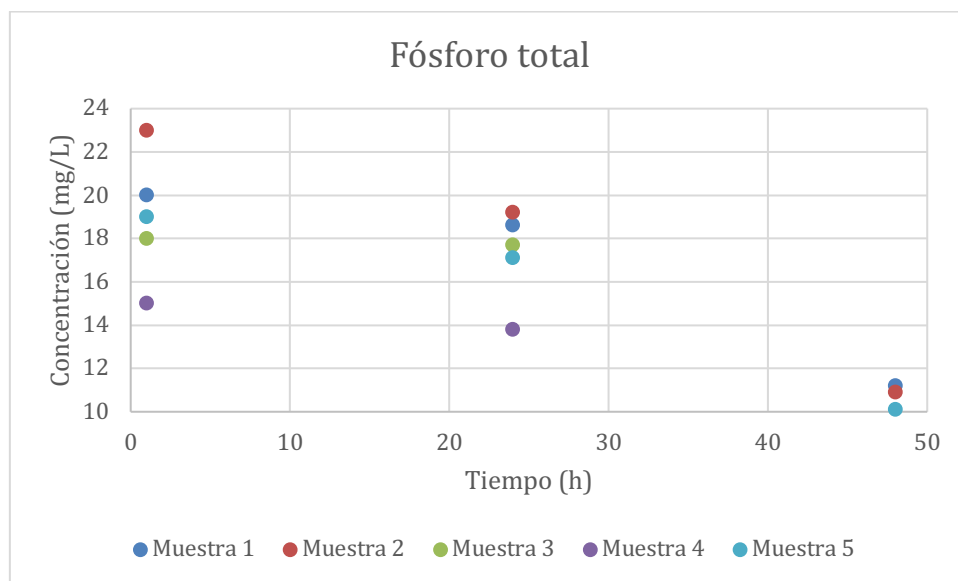


Considerando lo establecido en la NMX-AA-029-SCFI-2001 para el Fósforo total, se observan las concentraciones correspondientes para las 5 muestras de agua como es mostrado en la Tabla 4:

Tabla 4. Resultados de la degradación de Fósforo total.

Número de muestra	Agitación a 300 rpm		
	1 hora	24 horas	48 horas
1	20	18.6	11.2
2	23	19.2	10.9
3	18	17.7	9.6
4	15	13.8	8.9
5	19	17.1	10.1

Obteniendo una reducción de un 28% de nitrógeno total, considerando el promedio de las 5 muestras realizadas, lo anterior se debió a la agitación realizada por un periodo de 48 horas.



Obteniendo una reducción de un 46% de fósforo total, considerando el promedio de las 5 muestras realizadas, lo anterior se debió a la agitación realizada por un periodo de 48 horas.

La dureza del agua analizada corresponde al valor de 160 mg/L (considerando el CaCO_3).

En la determinación de arsénico, se analizó para la muestra 5 antes y después de filtrarla a través del rastrojo molido con un tamaño de partícula de 0.2 cm, de acuerdo con los resultados de la tabla 5.

Tabla 5. Valores de Arsénico detectados en el agua de la presa de la Golondrina.

As (antes de filtrar)	0.15 mg/L
As (después de filtrar)	0.09 mg/L

Pudiéndose reducir en 0.06 mg/L, lo que representó un 40% de reducción con el filtro elaborado a partir de rastrojo de trigo.

Conclusiones

Es indispensable la utilización y aprovechamiento de las reservas municipales y más en los tiempos en los que se acentúa la sequía, por lo que deberán plantearse estrategias para racionalizar su uso y proyectar su correcta distribución, es por ello por lo que este proyecto nos lleva a concientizar sobre el agua, sus usos, sus contaminantes y algunas estrategias que permiten favorecer su aprovechamiento con una mejor calidad. Al analizar los resultados de esta investigación, para la presa de “La Golondrina”, en el municipio de

Pénjamo, Guanajuato, y al hacer la caracterización de los parámetros para determinación de su calidad, se encontró que los parámetros se encuentran fuera de norma (NOM), por lo que será necesario que se establezca un proceso para que al traer el agua con el fin de su utilización, permita que se encuentre en condiciones no nocivas para el medio y para la salud humana. Para la dureza, al tener el valor de 160 ppm, se encuentran dentro de la NOM-127-SSA1-2021.

Al utilizar la agitación a 300 rpm, durante un tiempo de 48 horas, se logró disminuir los parámetros que pueden biodegradarse con el tiempo, los que corresponden al nitrógeno total, con una reducción de 28% de su valor inicial, también se logró disminuir el fósforo total, en un 46% del valor registrado inicialmente. Como parte de la estrategia para disminuir los contaminantes en el agua, se analizó la presencia de arsénico, debido a que las aguas concentradas en la presa son por arrastre de las laderas y bordes desde la sierra de Pénjamo, por lo que está presente en una cantidad de 0.15 ppm, lográndose una reducción con ayuda del filtro de rastrojo de trigo empleado en este proyecto, lo que representó un 40%, teniendo en cuenta que con este proceso implementado se puede favorecer a la calidad de agua y usar con mayor seguridad en la agricultura. Lo que se encontró respecto a E.coli, fue que el crecimiento de bacterias se detuvo y se obtuvo una disminución hasta llegar a valores permitidos por la NOM en un promedio diario.

Todos estos aspectos se relacionan con la protección de la salud pública, la conservación del medio ambiente, la gestión eficiente de los recursos, la prevención de la contaminación y la sostenibilidad a largo plazo. Se debe invertir en la caracterización del agua y en tecnologías avanzadas de monitoreo por lo que es esencial lo anterior para garantizar que el agua almacenada en las presas sea segura y de mejor calidad, tanto para los ecosistemas como para las comunidades humanas. La caracterización del agua, por lo tanto, es fundamental en la búsqueda de soluciones integrales y sostenibles para los desafíos hídricos del siglo XXI. Sólo a través de una gestión informada y proactiva se puede asegurar que los recursos hídricos sigan siendo una fuente de vida, prosperidad y bienestar para las generaciones presentes y futuras.

Referencias Bibliográficas

Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, (2015). Atlas del agua en México. CONAGUA. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-AtlasAgua15.pdf>

CONAGUA, Somos Conagua, revista digital, Las presas de México, patrimonio nacional que da vida, energía y protección, Año I, Número 37, 25 de agosto 2020, Recuperado de: www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/574268/Somos_Conagua_27-08-2020.pdf

Fernández Cirelli, A., (2012). El agua: un recurso esencial. Química Viva, 11(3), 147-170. Recuperado de: www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69535.pdf>

http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/35/35732/tema_6.pdf

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2016). Guía para la caracterización de la calidad del agua en presas. IMTA. Recuperado de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/guia-caracterizacion-calidad-agua-presas.pdf

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2012). Contaminación del agua en México: Causas, efectos y alternativas. INECC. Recuperado de <https://www.gob.mx/inecc/documentos/contaminacion-del-agua-en-mexico>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). El agua en México: 2016. INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/agua/2016/doc/agu2016.pdf>

López, C. A., Zambrano L, Ruiz Ortega, R. Guzmán, M. A., Pérez Espejo, R., Sandoval, R., Hatch Kuri, G., Pineda Pablos, N., Pacheco-Vega R., Caldera, A., El agua en México Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica, Friedrich-Ebert-Stiftung Proyecto Regional Transformación Social-Ecológica, ISBN: 978-607-7833-86-4, Diciembre, 2017, México, Recuperado de: http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/libro/aguaen_mexico.pdf

NMX-AA-072-SCFI-2001 Recuperado de: www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166788/NMX-AA-072-SCFI-2001.pdf

NOM-001-SEMARNAT-2021, Recuperado de: www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0

NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Recuperado de: www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/017/i1688s/i1688s.pdf>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). Guías para la calidad del agua potable: cuarta edición. OMS. Recuperado de https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2017/quality-water-guidelines/es/

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Estadísticas del agua en México: Edición 2018. SEMARNAT. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/402518/Estadisticas_del_agua_en_Mexico_2018.pdf

SEMARNAT (2008) Recuperado de: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_2008_ing/pdf/cap_6_agua.pdf