

Diagnóstico y propuestas de gestión para la eutrofización de lagos urbanos, caso de estudio presa El Rejón

Myrna Concepción Nevárez Rodríguez¹

María Cecilia Valles Aragón¹

Cesar Guillermo García González²

Resumen

Los lagos urbanos son espacios públicos cada vez más importantes para las poblaciones urbanas, las cuales se incrementan cada vez más, , estos lagos proveen servicios ambientales, económicos y sociales, más sin embargo son los más afectados por el fenómeno de la eutrofización. La gestión de lagos urbanos es muy importante para el desarrollo sustentable de las ciudades considerando su gran crecimiento. El plan de manejo implementado en estos lagos debe ser científicamente válido, abordar consideraciones socio-políticas, económicas y una adecuada gobernanza que involucre a los actores de la cuenca buscando el bien común y del ecosistema. La presa el Rejón es un lago urbano que se encuentra en la ciudad de Chihuahua, es un lago artificial formado al represar el arroyo el Rejón, en el cual se realizan actividades recreativas, culturales y deportivas siendo un espacio de gran importancia para el ecosistema y bienestar de la población.

El plan de desarrollo urbano contempla agrupar esta presa más otras dos en un gran proyecto “parque de las tres presas” (Tricentenario), la cual representa la zona recreativa más importante de la ciudad, por lo cual el objetivo de este estudio fue diagnosticar si presentaba eutrofización, para lo cual se usó el Método 445.0 Determinación in vitro de clorofila a y feofitina en algas marinas y de agua dulce por fluorescencia.

Las concentraciones de clorofila a (Cl-a) se encontraron en un rango de 173.0 a 96.3 µg/L, clasificando este lago como oligotrófico, ya que se encuentra por debajo de los 300 (µg/L), también se encontró una turbidez de más de 10 NTU, clasificándose con buena transparencia, siendo estos valores (clorofila a y transparencia) una línea base para las propuestas de gestión, tomando en cuenta el aprovechamiento por actividades de ocio, recreativas y deportivas principalmente.

Conceptos clave: Lagos urbanos, Eutrofización, Gestión

Introducción

Actualmente el 70% de la población global vive en las zonas urbanas y la organización de las naciones unidas estima que esta población urbana se duplique para el 2050 (ONU, 2017), por lo cual los espacios públicos cobran cada vez mayor importancia, donde a través de sus elementos físico y biofísicos cubren las demandas de sus usuarios (Vierikko, K. y Yli-

¹ Doctorado en Ciencia y Tecnología Ambiental, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua

² Doctorado en Administración Pública Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua

Pelkonenlago, V, 2019). Siendo un espacio creado por las necesidades urbanas (Eljaiek. D, 2008) y cumpliendo con varias necesidades de la población entre ellas las actividades deportivas, culturales así como la recreación al aire libre indispensable en las ciudades donde la mayoría del tiempo se permanece en espacios cerrados (Fonseca Rodríguez, J.M, 2014).

Los lagos artificiales o presas en México son más de 4 mil 462, pero solo 667 presas son considerados grandes debido a su capacidad de almacenamiento, mientras que la mayoría solo cuenta con una extensión de una a diez hectáreas (INEGI, 2020). Los lagos urbanos proporcionan importantes servicios ecológicos participando en el ciclo del agua y de nutrientes, hábitat para vida silvestre y sobre todo de aves acuáticas, actúan como vías verdes para la dispersión de especies de flora y fauna en paisajes cada vez más fragmentados (Vermonden, 2010), así como en la regulación del microclima regional para sus habitantes, también proveen bienes al ser almacenamiento de agua para actividades agropecuarias, pesqueras además de ser utilizados como áreas de recreación (Wondie, 2018), donde aumentan la plusvalía de la zona (Natarajan *et al.*, 2018), al proporcionar mejor calidad de vida representando un espacio público para la integración social, bienestar psicológico y físico de la población urbana (Dziekonsky *et al.*, 2015).

Varios problemas afectan a los cuerpos de agua, siendo la eutrofización uno de los más importantes. Las actividades humanas afectan directa o indirectamente modificando constantemente los hábitats acuáticos al liberar nutrientes intermitentemente (FAO, 2017), y provocar con ello la eutrofización de los cuerpos de agua, además de degradar la estética de las zonas recreativas (Suplee *et al.*, 2009). El aporte excesivo de nutrientes (nitrógeno y fósforo), conducen a un crecimiento exponencial de algas y plantas flotantes que cuando mueren se descomponen, debido a la actividad bacteriana (UNEP, 2001) consumen significativamente el oxígeno disuelto en el agua y con ello provocan la muerte de peces por hipoxia (Camargo J.A, y Alonso Á, 2006).

Dentro de los indicadores utilizados para medir el estatus trófico de un lago se encuentra el contenido de clorofila (principal pigmento fotosintético en algas y estimador de biomasa de algas) y la transparencia, la cual puede indicar información sobre la calidad del agua del lago a un bajo costo por lo que se pueden obtener datos y dar un monitoreo y seguimiento (EPA, 2000).

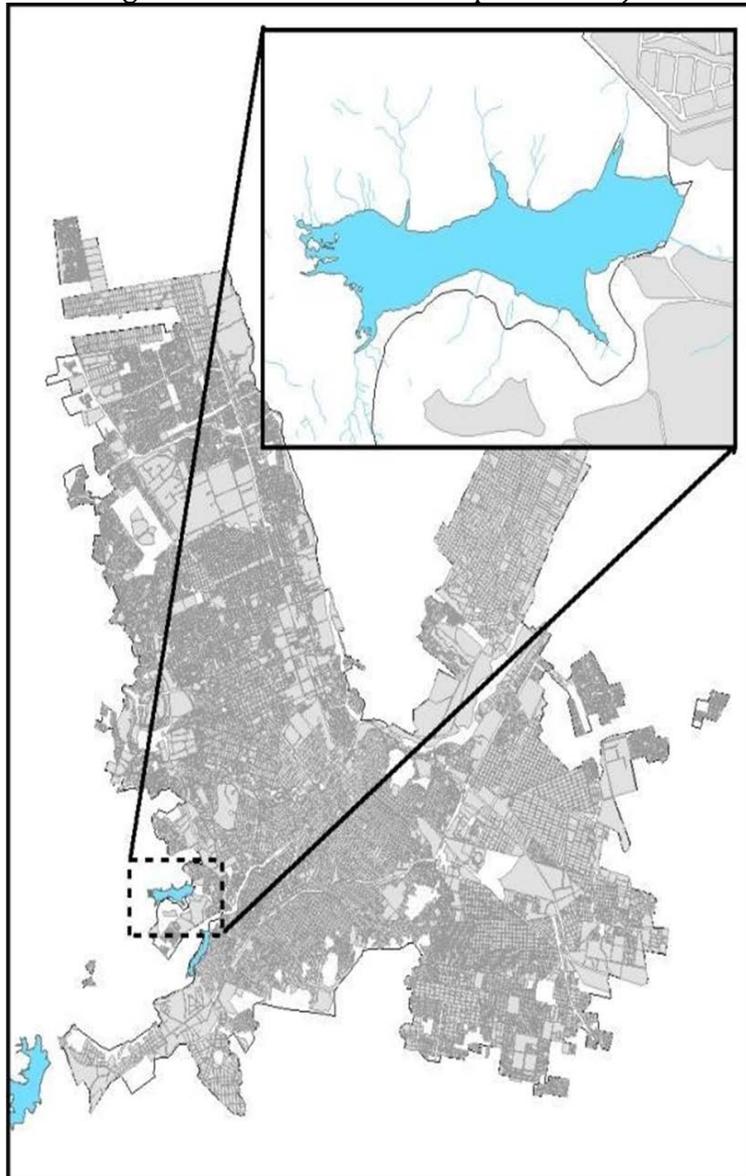
La recuperación de lagos es complicada, larga y costosa (Vásquez y De-Rezende, 2018) y es exacerbada ya que en la mayoría de los lagos urbanos carece de un programa de monitoreo y diagnóstico de la calidad de sus aguas (Khorasani *et al.*, 2018), así como de programas de manejo que garanticen su adecuada gestión.

En la ciudad de Chihuahua se encuentran localizadas 3 presas, las cuales además de prestar servicios ecológicos, se usan para propósitos deportivos recreativos y culturales. El plan de desarrollo urbano contempla agruparlas en un gran parque llamado “Parque de las tres presas (Tricentenario)” el cual representa la zona recreativa más importante de la ciudad (IMPLAN, 2011). Por lo que es importante diagnosticar el grado de eutrofización y proponer estrategias de manejo con el fin de gestionar estos ecosistemas acuáticos adecuadamente.

Metodología

El estudio se realizó en la presa El Rejón, la cual represa el arroyo del mismo nombre y se encuentra localizada en los límites de la ciudad de Chihuahua (Figura 1), cuya capacidad útil es de 6.53 Mm³ (INEGI, 2003).

Figura 1.-Localizacion de la presa el Rejón



Fuente: Elaboración propia.

Actualmente es un espacio público donde se practican distintas actividades de ocio, económicas, deportivas y recreativas como paseo en lancha, tirolesa, zumba, pesca, ciclismo, caminata, juegos infantiles, además es un recinto de varias actividades culturales como el Festival Internacional de la Ciudad de Chihuahua (FICUU) y otros festivales y eventos siendo un ecosistema acuático con belleza paisajística (Figura 2).

Figura 2.-Actividades deportivas, recreativas y culturales de la presa El Rejón

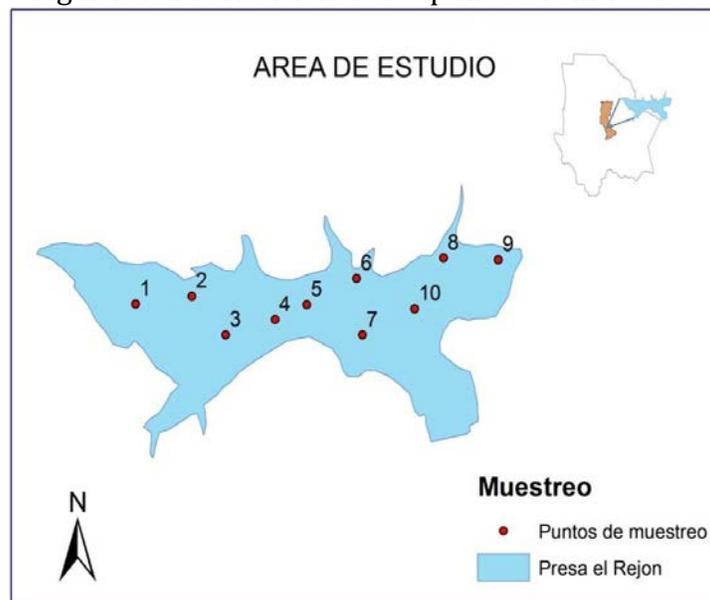


Fuente: Elaboración propia.

Muestreo

El muestreo se realizó en el mes de agosto, ya que de acuerdo a la literatura es en verano cuando existe más radiación entrante, siendo adecuado para estimar el estado trófico del lago, ya que se presentan los mayores niveles de eutrofización por el incremento de la temperatura y mezcla del sedimento en la columna de agua, principalmente del fosforo total (EPA, 2000). Se establecieron 10 puntos de muestreo, distribuidos en toda la presa, en cada punto se registraron las coordenadas, se midió la transparencia con un disco Secchi y se tomaron muestras de agua para analizar el contenido de clorofila A (Figura 3).

Figura 3.- Distribución de los puntos de muestreo



Fuente: Elaboración propia usando el software ArcGIS® de Esri.

Análisis de Clorofila a y medición de turbidez

La colección de las muestras se realizó a bordo de una lancha y fueron tomadas en la zona fótica, a 50 cm de profundidad (Figura 4a), se obtuvieron 600 ml de agua por muestra para ser filtrados, cantidad suficiente recomendada para el muestreo de fitoplancton en lagos. Las muestras se colocaron en envases protegidos de la luz y trasladadas en hieleras para ser filtradas lo más pronto posible, ya que la concentración de clorofila puede cambiar en cortos periodos de tiempo y en exposición de luz. Además, se midió la turbidez con un disco secchi en cada punto de muestreo registrando la visibilidad del mismo, esto se realizó tomando dos lecturas, la primera lectura es cuando se perdía de vista y la segunda cuando se volvía a observar, promediando ambas lecturas, realizándose en cada punto de muestreo (Figura 4b).

Figura 4. Toma de muestra de agua para clorofila A y medición de turbidez



Fuente: Elaboración propia.

Para el filtrado de la muestra se midieron 250 ml de agua en una probeta graduada, la cual fue filtrada utilizando filtros de microfibras de vidrio 934-AH, marca Whatman de 47 mm de diámetro, utilizando una bomba de vacío y manómetro para agilizar el tiempo de filtrado. El proceso filtrado se controló a menos de 10 minutos por muestra, mientras que el vacío se mantuvo por debajo de 6 pulgadas de mercurio para evitar el daño celular. Los filtros se doblaron y se envolvieron en papel de aluminio, se congelaron, almacenaron y enviaron para que llegaran al laboratorio en menos de 24 horas para su análisis al laboratorio de Algas Continentales, Ecología y Taxonomía de la Facultad de Ciencias de la UNAM, donde las muestras fueron analizadas por fluorimetría con el método 445 de la USEPA (Arar and Collins 1997).

Resultados

Los resultados de la turbidez obtenidas con el disco secchi y la concentración de cl-a se muestran en el Cuadro 1. Como se puede observar los valores de clorofila a estuvieron en un rango de 24.6 a 173 μL , con las más altas concentraciones en los puntos 1, 2, 3, 5 y 9 con

173.0, 128.0, 96.3, 96.7 y 171.0 $\mu\text{g/L}$ respectivamente, de acuerdo a estos valores se puede clasificar la presa El Rejón como un lago oligotrófico, ya que se encuentra por debajo de los 300 ($\mu\text{g/L}$) (Lampert and Sommer, 2007), estando en una condición adecuada, ya que el cuerpo de agua cuenta con una productividad primaria baja.

Los valores de transparencia se mostraron en un rango desde 79 a 171 cm con un promedio de 135.5cm equivalente a una turbidez de más de 10 NTU, existen diferentes criterios de permisividad de la turbidez en lagos, recomendando no exceder los 15 o 25 NTU en lagos naturales (EPA, 1980) por lo cual aún se podría clasificar con buena transparencia.

Cuadro 1.- Valores de Turbidez y Clorofila a en $\mu\text{/L}$

Punto de Muestreo	Latitud	Longitud	Turbidez	Clorofila a
1	28.614185	-106.135728	79.5	173
2	28.614489	-106.133301	114.5	128
3	28.613092	-106.131817	137	96.3
4	28.613666	-106.129681	136.5	90.6
5	28.614221	-106.12832	149.5	96.7
6	28.615196	-106.12617	160.5	51.3
7	28.613135	-106.125895	137.5	54
8	28.615983	-106.122406	131.5	34.5
9	28.615937	-106.120042	171	171
10	28.614106	-106.123644	134	24.6

Fuente: Elaboración propia

Los valores de clorofila A y transparencia, los cuales reflejan el estado trófico del lago, se pueden usar como base para propuestas de manejo y más considerando el acelerado crecimiento urbano que está ocurriendo alrededor de estos lagos, debiendo ser punto clave para los planificadores urbanos y los tomadores de decisiones (Almanza-Marroquín *et al.*, 2016). El plan de manejo debe mantener un monitoreo y garantizar la calidad del agua, respetando los estándares y normatividad que garantice la protección de la biodiversidad, y la recreación regulando el uso y actividades con el fin de garantizar la calidad del agua. La participación pública es esencial para evitar fuentes puntuales o difusas que alteren la calidad del agua, el plan de manejo debe ser científicamente válido, abordar consideraciones socio-políticas y económicas. La gestión de recursos naturales deberá incluir la educación de los actores involucrados en la cuenca del lago, financiación y regulación (EPA, 2000).

Una adecuada gobernanza de la cuenca que involucre a los actores de la cuenca, acuerdos con los sectores buscando el bien común, la vinculación, mecanismos de transparencia, comunicación y rendición de cuentas (SEMARNAT, 2018).

Conclusiones

Se encontró que la presa el Rejón se encuentra en un estado oligotrófico y con buena transparencia, partiendo de este diagnóstico se recomienda un monitoreo continuo además de

establecer un plan de manejo que involucre a los actores de la cuenca buscando el bien común y del ecosistema garantizando la calidad del agua con el fin de que este espacio público se mantenga y se siga disfrutando del paisajismo, las actividades deportivas, recreativas y culturales que en él se realizan.

Referencias

- Almanza-Marroquín, V., Figueroa, R., Parra, O., Fernández, X., Baeza, C., Yañez, J y Urrutia, R.** (2016) Bases limnológicas para la gestión de los lagos urbanos de Concepción, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44 (2) 313-326, 2016, DOI: 10.3856/vol44-issue2-fulltext-12.
- Arar, E. J. and G. B. COLLINS.** Method 445.0 In Vitro Determination of Chlorophyll a and Pheophytin in Marine and Freshwater Algae by Fluorescence. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1997.
- Camargo J, A., Alonso, A.** (2006), Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment. *Environment International* 32 831-849.
- Dziekonsky, M. Rodríguez, M.J. Muñoz, C. Henríquez, K. Pavéz, A. Muñoz, A.** (2015). Espacios públicos y calidad de vida: Consideraciones interdisciplinarias. *Revista Austral de Ciencias Sociales* 28: 29-46, 2015. DOI: 10.4206
- EPA,** Environmental Protection Agency (2000), Nutrient Criteria Technical Guidance Manual, Lakes and Reservoirs. EPA-822-B00-001, en línea: www.epa.gov.
- EPA,** Environmental Protection Agency (1980), Water quality standards criteria summaries A compilation of state federal /Criteria.
- FAO,** Food and Agriculture Organization (2001-2017). Fisheries Topics: Ecosystems. Ecosistemas acuáticos continentales. Topics Fact Sheets. Texto de Peter Manning. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 28 December 2015. [Citado 21 January 2017]. <http://www.fao.org/fishery/ecosystems/inland/es>.
- Fonseca Rodríguez, J.M.** 2014, La importancia y la apropiación de los espacios públicos en las ciudades, Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad. Año 4, núm. 7, septiembre 2014-febrero 2015. ISSN: 2007-3607.
- Instituto Municipal de Planeación –IMPLAN-** (2011). Proyecto, Parque Metropolitano El Rejón. En línea: <https://implanchihuahua.org/Proyecto7.html>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática,** INEGI- Presas. Accesado en julio 2020, En línea: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/presas.aspx?tema=T>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática,** INEGI, Síntesis de información geográfica del estado de Chihuahua 1era Edición., Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática: Ciudad de México, México. 2003.

- Khorasani, H., Kerachian, R., & Malakpour-Estalakia, S.** (2018). Developing a comprehensive framework for eutrophication management in off-stream artificial lakes. *Journal of Hydrology*, 562, 103-124. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.04.052
- Lampert, W. and Sommer, U.** (2007). *Lymnoecology. The Ecology of lakes and Streams* New York: Oxford University Press.
- Natarajan, S. K., Hagare, D., & Maheshwari, B.** (2018). Understanding socio-economic benefits of stormwater management system through urban lakes in Western Sydney, Australia. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 18(4), 412-419. DOI: 10.1016/j.ecohyd.2018.11.003
- Ocampo Eljaiek, David Ricardo** (2008). Los espacios urbanos recreativos como herramienta de productividad. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (63),107-125. [fecha de Consulta 5 de Septiembre de 2022]. ISSN: 0120-8160. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20611455008>.
- ONU.** (2017). United Nations: New Urban Agenda 2017. (H. I. Secretariat, Ed.) Obtenido de <http://Habitat3.org>: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-English.pdf>
- SEMARNAT** 2018 Cuadernos de divulgación ambiental, Lagos y sus cuencas, construyendo la gobernanza, Número 8. Serie manejo de cuencas
- Suplee M W., Watson. V., Teply M., McKee H.** (2009). How Green is too Green? Public Opinion of what Constitutes Undesirable Algae Levels in Streams. *Journal of the American Water Resources Association* 45: 123-140.
- UNEP,** United Nations Environment Programme (2001), *Lakes and Reservoirs vol. 3, Water Quality: The Impact of Eutrophication* ISBN: 4-906356-31-1 En línea: http://www.unep.or.jp/ietc/publications/short_series/lakereservoirs-3/1.as
- Vásquez, W. F., & De-Rezende, C. E.** (2018). Management and time preferences for lakes restoration in Brazil. *Science of the Total Environment*, 635, 315-322. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.151.
- Vermonden, K.** (2010). Key factors for biodiversity of urban water systems. PhD-thesis, **Radboud University, Nijmegen.** ISBN: 978-94-91066-01-6. Printed by: Ipskamp Drukkers BV, Enschede.
- Vierikko, K. y Yli-Pelkonenlago, V.** (2019) Seasonality in recreation supply and demand in an urban lake ecosystem in Finland. *Urban Ecosystems* (2019) 22:769–783. <https://doi.org/10.1007/s11252-019-00849-7>.
- Wondie, A.** (2018). Ecological conditions and ecosystem services of wetlands in the Lake Tana Area, Ethiopia. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 18(2), 231-244.

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE GESTIÓN PARA LA EUTROFIZACIÓN DE LAGOS URBANOS, CASO DE ESTUDIO PRESA EL REJÓN ENSAYO DE DIVULGACIÓN

Myrna Concepción Nevárez Rodríguez¹, Maria Cecilia Valles Aragón², Cesar Guillermo García González³

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, mcnevarez@uach.mx

²Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, valles.cecilia@gmail.com

³Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, cesarguillermogarcia@gmail.com

Actividades deportivas, recreativas y culturales de la presa El Rejón

INTRODUCCIÓN

Eutrophication

Nitrogen Phosphorus

These nutrients cause an increase in phytoplankton

Sediments from land block sunlight

Sedgegrass

Phytoplankton growth on Sedgegrass

Oxygen

Algae Bloom

Algae Die

Decay

Lose: Food, Habitat & Oxygen Production

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Muestreo

- Puntos de muestreo
- Presa el Rejón

METODOLOGÍA

MUESTREO Y MEDICIÓN DE LA TURBIDEZ

TOMA DE MUESTRA

- 600 ml de agua de la zona fótica (50cm) botellas protegidas de la luz

MEDICIÓN DE LA TURBIDEZ

- 2 lecturas con el disco Secchi, 1era cuando se perdía de vista y 2da cuando se volvía a observar, Sumando las lecturas y dividiéndolas entre dos

PROCESAMIENTO DE MUESTRA

- 250 ml de agua
- Filtro (filtros de microfibras de vidrio 934-AH, 10 minutos y 6 in. Hg).
- Envolvieron en papel aluminio y se congelaron

Método 445.0 Determinación in vitro de clorofila a y feofitina en algas marinas y de agua dulce por fluorescencia USEPA (Arar and Collins 1997).

RESULTADOS

Valores de Turbidez y Clorofila a en µ/L

Punto de Muestreo	Latitud	Longitud	Turbidez	Clorofila a	Clorofila a
1	28.614185	-106.135728	79.5	173	24.6 a 173 µ/L
2	28.614489	-106.133301	114.5	128	Llago oligotrófico
3	28.613092	-106.131817	137	96.3	300 µg/L
4	28.613666	-106.129681	136.5	90.6	(Lampert and Sommer, 2007).
5	28.614221	-106.12832	149.5	96.7	Turbidez
6	28.615196	-106.12617	160.5	51.3	79 a 171
7	28.613135	-106.125895	137.5	54	10 NTU buena
8	28.615983	-106.122406	131.5	34.5	transparencia
9	28.615937	-106.120042	171	171	15 o 25 NTU
10	28.614106	-106.123644	134	24.6	(EPA, 1980)

CONCLUSIONES

Se encontró que la presa el Rejón se encuentra en un estado oligotrófico y con buena transparencia, partiendo de este diagnóstico se recomienda un monitoreo continuo además de establecer un plan de manejo que involucre a los actores de la cuenca buscando el bien común y del ecosistema garantizando la calidad del agua con el fin de que este espacio público se mantenga y se siga disfrutando del paisaje, las actividades deportivas, recreativas y culturales que en él se realizan.

Propuesta de Gestión de Lagos urbanos

Validez Científica

Socio-Políticas

Factores Económicos

PLAN DE MANEJO

LAGOS Y SUS CUENCAS
CONSTRUYENDO LA GOBERNANZA

