

La contaminación por desechos industriales en la Laguna de Yuriria, ubicada en la Región Centro de México

Ana Luisa González Arévalo¹

Resumen

En este trabajo se abordará la contaminación que presenta la Laguna de Yuriria, causada por desechos industriales. Esta laguna por su magnitud constituye uno de los lagos de agua dulce más importante de la República Mexicana. Por ubicarse en medio de una región semi-árida, este manto acuífero actúa como un generador y regulador del microclima que provee el espejo de agua. En la primera parte se sitúa la ubicación geográfica de la laguna, la superficie continental de las entidades de la Región Centro del país, donde se localiza este cuerpo de agua, posteriormente se ubica la importancia económica de esta zona, mediante el indicador del PIB total de cada estado y su comparación con el PIB total de México, se continúa con la enumeración de algunos elementos sociales, como es la población de las entidades y los municipios muy cercanos a la laguna; se prosigue con la descripción de la laguna su contaminación y la presencia del lirio acuático.

En la conclusión preliminar se considera que la Laguna de Yuriria está muy contaminada por las descargas tóxicas que recibe y, por tanto, surge la presencia del lirio acuático; sin embargo, se presentan propuestas para la solución de la invasión de esta planta en la Laguna de Yuriria.

Una propuesta que se presenta en este trabajo en el tema del Desarrollo Regional y Sustentabilidad Ambiental es la utilización de la planta del lirio acuático, que presenta un crecimiento exponencial, en este embalse. Se considera que este vegetal puede ser aprovechada, porque tiene la capacidad de retener líquidos, sustancias y desechos tóxicos, absorbe sustancias contaminantes, como los hidrocarburos y derivados, ácido sulfúrico con plomo. Ante esta situación se propone el uso de este vegetal, porque produce el rompimiento molecular de sustancias y productos líquidos y/o sólidos orgánicos y/o tóxicos, este encadenamiento lleva a cabo la acción de biodegradar y hacer descender los niveles de toxicidad, estas acciones benefician la protección del medio ambiente.

También se plantea la idea de teóricos de este tema de contaminación de la laguna, la generación de energía eléctrica por el uso del biogás como una respuesta al crecimiento elevadísimo del lirio, se considera que las condiciones climatológicas de la Laguna de Yuriria son perfectas. Asimismo, se presenta el proyecto, de la construcción de un número mayor de plantas de tratamiento de aguas residuales que trabajen en buenas condiciones, así como el uso acordado de mejores prácticas de manejo a nivel de cuenca, respaldadas en un riguroso seguimiento del ordenamiento territorial, que proporcionen una recuperación más rápida y eficiente de este recurso de agua.

Conceptos clave: contaminación, agua, desechos industriales.

¹ Doctora. Instituto de Investigaciones Económicas. Universidad Nacional Autónoma de México. analuisa102002@yahoo.com.mx

Introducción

El compromiso de la conservación de los recursos naturales, en este caso el agua, para cubrir las necesidades de los seres humanos y considerando el acceso al agua limpia como un derecho fundamental de la humanidad, surge la realización de este trabajo. Dentro de este marco, como considera Sen (2004), la libertad de los seres humanos plasmadas dentro de una contextura del saber, se enlazan con la esencia tangible de los derechos humanos.

En este trabajo se abordará la contaminación ocasionada por las descargas industriales tóxicas a la Laguna de Yuriria. Este trabajo contiene 7 apartados; en el primero trata sobre algunos elementos teóricos sobre el agua, en el segundo, se describe los factores geográficos de la Región Centro, donde se localiza la Laguna de Yuriria, en particular en el estado de Guanajuato, en la tercera sección se aborda la situación económica de esta región de México, utilizando el indicador del PIB, en el cuarto punto, está relacionado con algunos aspectos sociales de esta región, posteriormente se aborda la contaminación de la Laguna de Yuriria, en siguiente apartado se plantean algunas propuestas sobre el uso del lirio acuático, planta que ha invadido este reservorio de manera exponencial, finalmente se plantean las conclusiones de este trabajo.

La hipótesis de este trabajo es la siguiente: La Laguna de Yuriria está muy contaminada por desechos industriales y ello ha desembocado en un crecimiento del lirio acuático, con niveles muy significativos provocando la disminución de la superficie de este espejo de agua, con consecuencias muy negativas para el medio ambiente de esta circunscripción.

El método de investigación desarrollado en este trabajo es de carácter cuantitativo y analítico en base a la información estadística obtenida de fuentes oficiales gubernamentales para la construcción de series estadísticas y elementos gráficos.

El objetivo de la investigación es precisar si la Laguna de Yuriria, presenta problemas de contaminación de agua y revisar las propuestas de utilización del lirio acuático, el cual ha tenido un crecimiento extraordinario en este embalse.

1. Conceptualización del agua

En este trabajo se abordará la contaminación ocasionada por las descargas industriales tóxicas a la Laguna de Yuriria, se presenta algunos elementos teóricos sobre la degradación del agua.

El agua es un elemento fundamental del medio ambiente, controla la salud en los seres humanos como en el ecosistema en general T.G. Kazi (2009). Su calidad puede variar como resultado de la combinación de factores naturales: la meteorización, erosión del suelo, y también las contribuciones antrópicas que corresponden a las descargas de desechos de las localidades cercanas como industriales que crean una fuente constante de contaminación y la escorrentía superficial, es un fenómeno estacional que se ve afectado por el clima en el cuerpo de agua donde es captado y en términos generales se asocia al tiempo en que duran las lluvias Zeng y Rasmussen (2005).

El cambio climático y el estrés hídrico limitan las reservas de agua limpia. La sobreexplotación de los recursos naturales ha inducido a un desequilibrio ambiental Lermontov (2011). No obstante, las contribuciones antrópicas de las diversas fuentes resultan ser los principales elementos que afectan a los cuerpos de agua, en particular los que se encuentran en las zonas muy urbanizadas. Wen-Cheng (2011).

El uso del agua impone numerosas transformaciones a la configuración de los ríos, lagos, lagunas, tales como la construcción de presas y canales de riego. El uso del suelo en los terrenos influye en la calidad del agua, debido a que la agricultura, la industria, la urbanización y la deforestación constituyen las principales fuentes de contaminación puntual y difusa. Así, se afecta el almacenamiento en acuíferos y la calidad del agua subterránea. De hecho, muchas actividades en la superficie de las cuencas repercuten en el agua subterránea. La falta de una eficaz gestión del agua y la sobreexplotación pesquera, tanto comercial como deportiva, al igual que la introducción de especies exóticas, perturban los ecosistemas acuáticos. Aguilar y Durán, (2010).

Las liberaciones de agua industrial son muy diversas y dependen, tanto en dimensión como en la composición, del tipo de industria que las produce. Por ello, para caracterizarlas de manera adecuada se requiere emplear diversos parámetros considerando la amplia gama de contaminantes tóxicos y peligrosos que genera la industria. Jiménez (2007).

Dentro del marco de la libertad de los seres humanos para tener acceso al agua, por ser un derecho fundamental: las personas tienen la facultad al acceso al agua limpia y que ni el Estado ni las personas deben permitir o impedir, Ibáñez (2016). En efecto, como afirma Sen, (2004) las libertades, concebidas desde la perspectiva del saber, concuerdan con el objeto material de los derechos humanos, en su doble aspecto de progreso y de congruencia.

2. Factores geográficos de la Región Centro de México

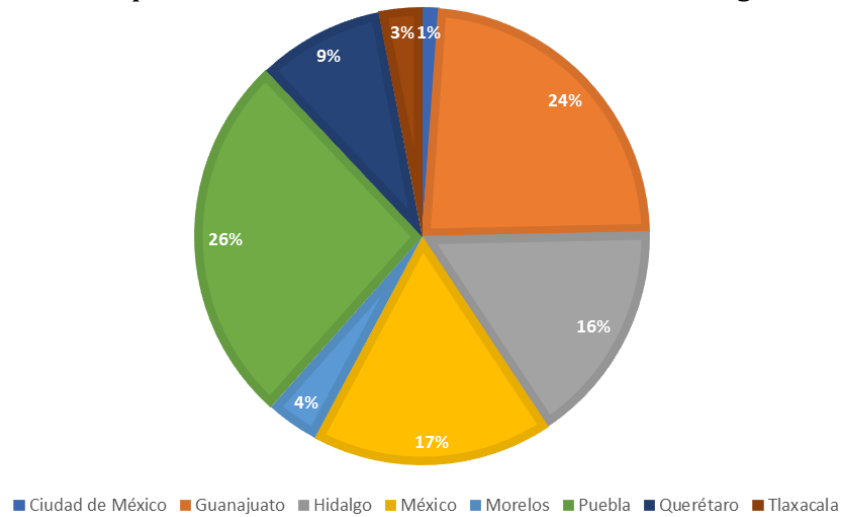
La Región Centro la integran las siguientes entidades: Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala, la entidad más importante en su superficie continental es Puebla que le corresponde el 26.4 por ciento del total de la Región Centro. Ver cuadro 1.

Cuadro 1. Superficie continental de las entidades de la Región Centro

Entidad	Miles de Km ²
Ciudad de México	1,494.3
Guanajuato	30,606.7
Hidalgo	20,821.4
México	22,351.8
Morelos	4,878.9
Puebla	34,309.6
Querétaro	11,690.6
Tlaxcala	3,996.6
Total	130,149.9

Fuente: INEGI. Panorama Sociodemográfico de Hidalgo, Guanajuato, México, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala. Censo de Población y Vivienda 2020

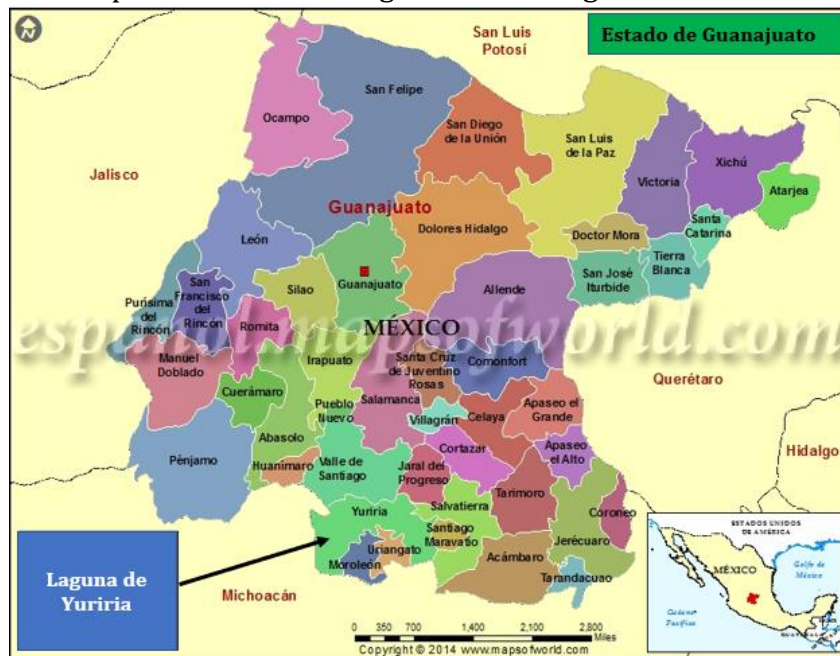
Gráfica 1. Superficie continental de las entidades de la Región Centro



Fuente: Cuadro 1

La Laguna de Yuriria se localiza en el estado de Guanajuato, está ubicado en la Región Centro-Norte del país, limitando al norte con Zacatecas y San Luis Potosí, al este con Querétaro, al sur con Michoacán y al oeste con Jalisco. Ver mapa 1.

Mapa 1. Ubicación Geográfica de la Laguna de Yuriria



Fuente: <https://sites.google.com/site/yurirapundaro/home/ubicac>

3. Importancia económica de la Región Centro donde se ubica la Laguna de Yuriria

Para el año 2019 el PIB total de este Región donde se localiza la Laguna de Yuriria le corresponde más de la tercera parte, es decir, el 38%, con respecto al PIB total de México, porque se encuentran las entidades de Estado de México, Ciudad de México y Puebla. Dentro

LA CONTAMINACIÓN POR DESECHOS INDUSTRIALES EN LA LAGUNA DE YURIRIA,
UBICADA EN LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO

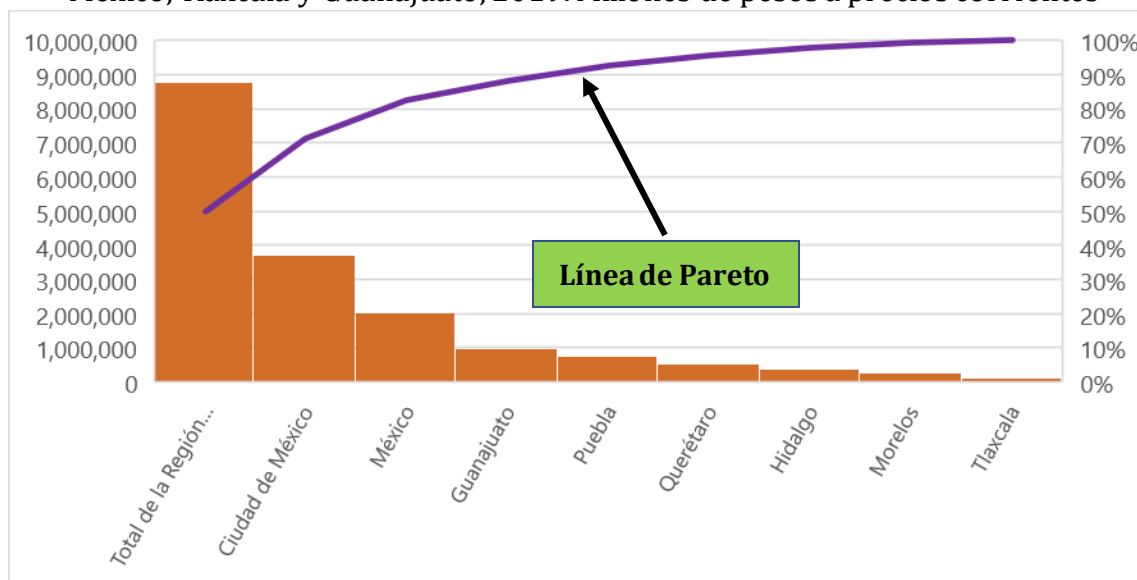
de la Región Centro, las entidades importantes en la generación del PIB son Ciudad de México con 42.2% y el Estado de México con 23.1%; donde se localiza la Laguna de Yuriria, Guanajuato, solamente aporta un poco más del 11%, en efecto, ocupa el 3° lugar en esta Región Centro. Ver cuadro 2 y gráfica 2.

Cuadro 2. PIB total. Región Centro. Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro, México, Ciudad de México, Tlaxcala y Guanajuato, 2019. Millones de pesos a precios corrientes y en porcentajes de cada entidad con respecto al total nacional y de la Región Centro.

	Total, nacional	Hidalgo	Morelos	Puebla	Querétaro	México	Ciudad de México	Tlaxcala	Guanajuato	Total, de la Región Centro
PIB total Región Centro	23,023,090	381,849	254,815	763,254	534,133	2,030,551	3,694,133	135,903	969,371	8,764,009
Porcentajes del PIB por entidad con respecto a la Región Centro		4.3	2.9	8.7	6.1	23.1	42.1	1.5	11.0	100.0
Porcentajes con respecto al PIB total		1.6	1.1	3.3	2.3	8.8	16.0	0.5	4.2	38.1

Fuente: INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales de México, 2019*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>

Gráfica 2. PIB total. Región Centro. Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro, México, Ciudad de México, Tlaxcala y Guanajuato, 2019. Millones de pesos a precios corrientes



Fuente: Cuadro 2

El PIB de la manufactura, para el año 2019, la aportación de esta región fue de un poco más del 33.2%. Al interior de la región, la Ciudad de México aporta, el 14.4%, continúa el Estado de México con 28.1 y Guanajuato fue del 19.2%. Ver cuadro 3 y Mapa 2.

Cuadro 3. PIB manufacturero de la Región Centro y total. En millones de pesos a precios corrientes y en porcentaje de cada entidad con respecto al total de la Región Centro y al total del país, 2019

Total nacional 2019	Ciudad de México	Guanajuato	Hidalgo	Estado de México	Morelos	Puebla	Querétaro	Tlaxcala	Región Centro
4,235,685	203,217	271,744	91,071	397,367	49,912	204,766	160,172	31,416	1,409,665
% respecto a la Región Centro	14.42	19.28	6.46	28.19	3.00	14.00	11.00	2.00	100
Porcentajes respecto al PIB total	4.80	6.42	2.15	9.38	1.18	4.83	3.78	0.74	100

Fuente: INEGI. *Sistema de Cuentas Nacionales*, 2019.

Mapa 2. PIB manufacturero de la Región Centro en porcentaje de cada entidad con respecto al total del país, 2019



Fuente: Elaboración propia en base a los datos estadísticos del cuadro 3

4. Algunos elementos sobre la situación social de la Región Centro

La población de la Región Centro, para el año 2020 concentra al 37.8% del total de la población de México, al Estado de México le corresponde el 13.4% y la Ciudad de México engloba al 7.3%. Ver cuadro 4.

De acuerdo con datos de la Encuesta Intercensal del INEGI al año 2015, Guanajuato ocupa el sexto lugar a nivel nacional por su número de habitantes, considerando 3,027 308 mujeres y 2,826, 369 hombres.²

En relación con la densidad poblacional se encuentra muy elevada la Ciudad de México con 6,163.3 habitantes por km², el Estado de México con 760.2 y Guanajuato donde se localiza geográficamente la Laguna de Yuriria es de 201.5. Ver gráfica 3.

² INEGI. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/eventos/2017/imputacion/doc/info_gto.pdf

LA CONTAMINACIÓN POR DESECHOS INDUSTRIALES EN LA LAGUNA DE YURIRIA,
UBICADA EN LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO

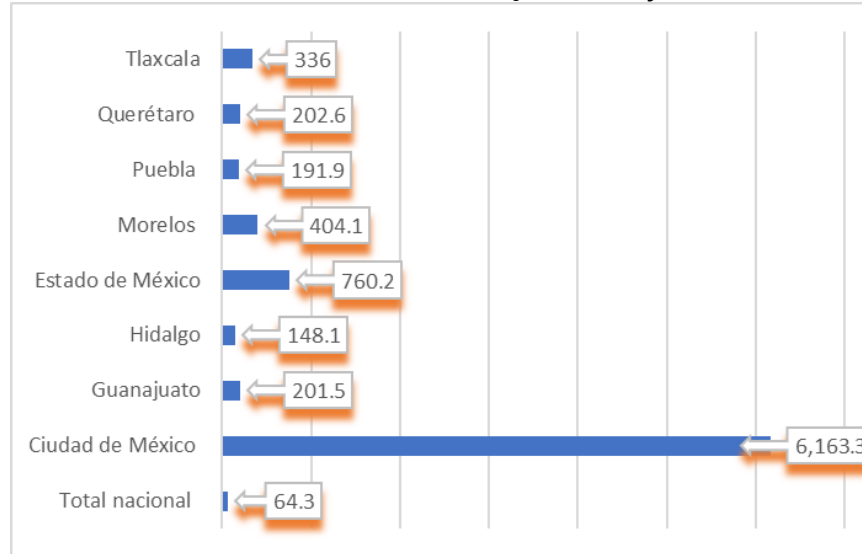
Cuadro 4. Población. Región Centro. Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro, México, Ciudad de México, Tlaxcala y Guanajuato, 2020

Total nacional	Ciudad de México	Guanajuato	Hidalgo	Estado de México	Morelos	Puebla	Querétaro	Tlaxcala	Total Región Centro
126,014,024	9,209,944	6,166,934	3,082,841	16,992,418	1,971,520	6,583,278	2,368,467	1,342,977	47,718,379

Fuente: INEGI. *Población total por entidad federativa y grupo quinquenal de edad según sexo, 1990-2020*. Disponible en:

https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Poblacion_Poblacion_01e60cd8cf-927f-4b94-823e-972457a12d4b

Gráfica 3. Densidad poblacional. Región Centro. Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala, 2020



Fuente: Cuadro 4.

En relación con los municipios donde se encuentra la Laguna de Yuriria se encontraba para el año 2015, Valle de Santiago, con una población de un poco más de 150 mil habitantes, Salvatierra con 94 mil y Yuriria con casi 69 mil personas, en este mismo municipio la población en pobreza comprende un 63.5% y en extrema pobreza el 8.6% de la población total de esta circunscripción. Ver cuadro 5.

Cuadro 5. Municipios de la Laguna de Yuriria. Población total, población en pobreza y en extrema pobreza, y porcentaje de población en pobreza y extrema pobreza, 2015.

Municipio	Población total	Porcentaje de población en pobreza	Población en pobreza	Porcentaje de población en extrema pobreza	Población en extrema pobreza
Salvatierra	94,126	60.1	53,741	7.1	6,322
Valle de Santiago	150,054	57.4	75,402	6.6	8,673
Yuriria	68,741	63.5	37,655	8.6	5,099

Fuente: CONEVAL. *Medición de la pobreza. Estados Unidos Mexicanos, 2010-2015*.

5. La contaminación de la Laguna de Yuriria

La Laguna de Yuriria, se localiza en el municipio de Yuriria en el estado de Guanajuato. Fue construida por el fraile agustino Diego de Chávezy Alvarado en 1548 con el objetivo de tener un vaso regulador del río Lerma. Tiene una superficie de 80 km² y una capacidad de 188 hm³. Desde el 2 de febrero de 2004 está incluida como humedal de interés internacional dentro del Convenio Ramsar. Wikipedia, (2020).

La Laguna de Yuriria es un embalse artificial, en términos de hectáreas tiene una superficie de alrededor de 6,000 hectáreas, que se sitúa entre los Municipios de Yuriria, Salvatierra y Valle de Santiago, Guanajuato, en la región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, recibe aportaciones naturales por la precipitación pluvial directa sobre el vaso lacustre, del escurrimiento de vertientes locales y en menor medida, de forma indirecta de la aguas residuales originadas por las descargas de las localidades ubicadas en la periferia de la laguna.

La Laguna está en la región geográfica de la zona templada dentro de las provincias del Bajío Guanajuatense y de las Sierras Volcánicas del Sureste Guanajuatense, perteneciendo esta última al Cinturón Volcánico Transmexicano³. Originalmente, esta cuenca era de naturaleza endorreica, con excepcionales desbordes hacia el Río Lerma durante eventos críticos de precipitación.

Por su magnitud constituye uno de los lagos de agua dulce más importante de la República Mexicana. Por ubicarse en medio de una región semi-árida, la laguna actúa como un generador y regulador del microclima que provee el espejo de agua, fundamental para esta importante región ecológica y de producción agrícola del país. Además, las ciénagas del río Lerma son también importantes desde el punto de vista geológico ya que son uno de los últimos remanentes de los humedales del antiguo Valle de México. Wikipedia, (2020).

En los últimos años, la principal problemática de la Laguna de Yuriria ha sido el déficit hidráulico que prevalece en casi toda la cuenca Lerma-Chapala, que se manifiesta en la degradación ambiental causada primordialmente por la expansión de las actividades agrícolas y el crecimiento de las poblaciones que se encuentran en su cuenca de captación y sus márgenes, actividades que producen descargas de aguas sin tratamiento adecuado en un formato de circuito cerrado. Sandoval, (2004).

El suelo presenta cambios para uso de agricultura ya sea para riego y temporal, lo cual ha ocasionado la pérdida de suelo, así mismo su contaminación al aplicar agroquímicos en un 90% de las tierras dedicadas a la agricultura ya sea para fertilizar el suelo o como control de plagas incrementando el rendimiento agrícola de la zona.

La laguna de Yuriria es el receptor directo de las aguas residuales sin tratamiento de la ciudad de Yuriria, Uriangato y Moroleón incluyendo los desechos de las textilerías, así como de los lixiviados no puntuales de las diferentes áreas de cultivo en la región, además los diversos líquidos residuales provenientes de las actividades agropecuarias de la zona. Por

³ El Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT) constituye una expresión fisiográfica con una extensión de unos 920 km, que bisecta a la porción intermedia de la República Mexicana desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México, es decir, desde Bahía Banderas en el estado de Jalisco, hasta Punta Delgada en el estado de Veracruz. Disponible en: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/141/htm/sec_7.htm

otra parte, el crecimiento urbano alrededor de la laguna ha contribuido significativa y adversamente a la calidad del agua, ya que solamente una mínima porción es colectada y ninguna es tratada antes de ser vertida a la Laguna. Sandoval, (2004).

En la Laguna de Yuriria, el mayor impacto humano se establece sobre la calidad del agua de la laguna, la cual recibe la contribución de las alcantarillas de varios poblados, así como productos industriales, en especial, agroquímicos.

La actividad que tiene repercusión trascendental es la agricultura, a la que se dedican muchos poblados alrededor de la misma. Inicialmente se practicaba labranza de temporal, lo que ha variado con el tiempo y con el aumento poblacional, ya que en la actualidad prevalece la agricultura de riego, lo que ha propiciado una considerable reducción del nivel de agua en las épocas de estiaje, afectando no sólo a la población que hace uso del recurso; sino también a la pesca. Los cultivos beneficiados con el agua de la Laguna de Yuriria son: trigo, cebada, maíz y sorgo.

Las aguas de la Laguna de Yuriria son utilizadas en la irrigación con fines agrícolas; también ejercen una fuerte presión salina sobre el valle oriental del municipio de Yuriria, con lo que aproximadamente 10,000 hectáreas padecen una fuerte concentración de sales, que impiden el cultivo de plantas y las silvestres que aparecen son sólo algunas halófitas

El agua que se usa al riego beneficia a una reducida superficie de ese municipio; en cambio, los municipios más beneficiados cuando almacena agua son Jaral del Progreso y Valle de Santiago, Guanajuato.

La Laguna de Yuriria presentan una gran irregularidad en la captación de agua, dependiendo básicamente de las precipitaciones pluviales de temporal. En la actualidad, sufre un proceso de envejecimiento, debido a los sedimentos provenientes de diversos afluentes tanto naturales como artificiales. Su desaparición implicaría un fuerte impacto ecológico no sólo para el municipio de Yuriria; sino también para muchos municipios de Guanajuato, Michoacán y Jalisco.

Este espejo de agua es un vaso regulador que evita inundaciones en años de alta precipitación pluvial; irriga, unas 25,000 hectáreas de varios municipios de Guanajuato y Michoacán; este cuerpo de agua es un factor importante en el mantenimiento de los mantos freáticos del Bajío. Esta masa de agua SEMANART, (2019) normaliza el microclima de la zona, ya que contribuye a mantener los niveles de humedad atmosférica y atenúa la presencia de temperaturas extremas, además de que controla las avenidas del Río Lerma.

Destaca, este volumen de agua, como un hábitat de descanso y alimentación temporal de una magnitud numérica importante y diversa de aves migratorias y otros animales; este embalse tiene la misión de ayudar a esas poblaciones en periodos críticos de sus ciclos biológicos (en particular las migraciones hemisféricas). Se encuentran aves como la (Cerceta azul) *Anas discors*, (Cerceta alas verdes) *Anas crecca*, (Pato pinto), *Anas strepera*, (Pato chalcuán), *Anas americana*, (Pato golondrino), *Anas acuta*, (Cerceta café), *Anas diazi*, (Pato triguero, mexicano, Pato cucharón) *Anas clypeata* y ocasionalmente se encuentran dentro de esta ruta, patos buceadores como: (Pato piquianillado), *Aythya collaris*, (Pato boludo chico), *Aythya affinis* y (Pato tepalcate) *Oxyura jamaicensis*, así como, nidos de (Pelicano blanco) *Pelecanus erythrorhynchos* entre otras. Algunas de estas especies están bajo protección especial de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT/2001. Los tipos de

vegetación predominantes son el Matorral Subtropical, Matorral Espinoso y Pastizal, además de especies subacuáticas típicas de un humedal como el Tule, Nenufar, Papiro, Carrizo, Pelusa, Lenteja de agua, Lechugilla y Lirio Acuático. Sandoval, (2004).

Los sitios designados son de gran importancia para la conservación de especies amenazadas o endémicas en el país, ya que es en las ciénagas del río Lerma donde se alberga la única población mundial de mascarita transvolcánica (*Geothlypis speciosa*), una pequeña ave de 13 cm, que tiene como hábitat los humedales del centro del país. Su población mundial se estima entre 2 500-10 000 individuos, todos localizados en los humedales de los estados de Guanajuato y Michoacán. Gracias a esta ave, la Laguna de Yuriria fue designada como humedal de importancia internacional como sitio RAMSAR, en el año 2002. Medio Ambiente, (2016). La Laguna de Yuriria en 1999, es reconocida como Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS), por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

El suelo presenta cambios para uso de agricultura ya sea para riego y temporal, lo cual ha ocasionado la pérdida de suelo, así mismo su contaminación al aplicar agroquímicos en un 90% de las tierras dedicadas a la agricultura ya sea para fertilizar el suelo o como control de plagas incrementando el rendimiento agrícola de la zona.

Esta laguna es un Área Natural Protegida (ANP) y fue declarada sitio Ramsar en 2004, como parte de un tratado intergubernamental del que México forma parte desde 1986, que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos.

En efecto, este embalse, es calificado como un humedal de importancia mundial; sin embargo, la declaratoria de conservación, cuya aplicación corresponde a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CNANP), se ha quedado en el papel, pues presenta serios problemas de contaminación por la descarga de aguas residuales sin tratar.

Efectivamente, “la Laguna de Yuriria ha venido funcionando como receptor de aguas residuales sin tratamiento tanto de la cabecera municipal como de ciudades y comunidades vecinas, incluyendo las provenientes de la industria textilera y de las actividades agropecuarias de la zona”, Guanajuato, Gobierno del Estado (2010).

Es importante señalar que los pescadores y los dueños de pequeños restaurantes que están muy cerca de la laguna han señalado que los problemas que presenta el ecosistema son porque las autoridades no han puesto ninguna atención ante este problema. Se afirma que se ha comprado maquinaria invirtiendo millones de pesos, la cual está arrumbada cerca de la laguna, algunas veces se extrae el lirio de manera manual solamente cuando se presenta algún evento importante, también afirman, que por parte de las autoridades se habló de la construcción de plantas tratadoras de aguas residuales, pero éstas solamente se quedaron en palabras.

A la grave contaminación del agua, se añaden el crecimiento sin control del lirio acuático, la disminución de sus niveles de profundidad y la pesca ilegal, que perjudican a más de mil familias de la cabecera municipal y las comunidades La Angostura, Tepetates y Cahuageo, que viven del turismo que llega a la zona. Telles, (2016). Justamente, el estanque presenta elevados niveles de lirio acuático, por otra parte, la porción noroccidental de la

laguna, que es donde se acumula más lirio acuático, es también lugar de alimentación y refugio de muchas aves acuáticas.

Precisamente en la Laguna de Yuriria se encuentra una gran cantidad de lirio acuático crece abundantemente en cuerpos de agua y es considerado como una plaga; Novelo, (2003) informó que este embalse está en proceso de envejecimiento y que el lirio acuático es una planta capaz de crecer en una amplia variedad de hábitats de agua dulce, se encuentra distribuida en casi todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo. En la laguna de Yuriria (7,000 ha), este vegetal ha llegado a cubrir hasta el 60% de su superficie, (4,200 ha aproximadamente) para su control, en Yuriria, se ha empleado la fumigación con herbicidas, el control biológico y la extracción manual o con maquinaria, sin embargo, no ha habido una cuantificación sistemática de los valores de infestación por la planta, es calificada la peor y más cara maleza marina del mundo por su gran potencial de crecimiento y por el gasto que se ejerce para controlarla. En diversas ocasiones se ha fumigado con herbicidas, se han realizado inoculaciones con neoquetinos, insecto que ejerce control biológico sobre la planta, y actualmente se está ejecutando un programa de extraerla. Sin embargo, los efectos no han sido del todo satisfactorios. Asimismo, no se han tomado medidas para evitar la presencia de compuestos que promueven el crecimiento de la planta. Los datos estudiados indican una variación muy grande en los niveles de infestación a lo largo de un año, teniendo variaciones importantes de un día a otro, por lo que se estima que la planta está en constante movimiento y que su densidad modifica significativamente por consecuencia del viento. Leal, (2016).

El lirio acuático en esta cuenca ha incidido en “la baja productividad puede deberse a la limitación de fosfatos que son limitantes para el crecimiento de algas, la productividad de lirio la zona donde se encuentra es de 13.45 kg/m², De la Vega, (2010).

Para el año 2018, la Laguna de Yuriria tenía 950 hectáreas contaminadas de lirio según informó el titular del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, Juan Ángel Mejía Gómez, el afirmó que en el 2017 había una invasión de 1,600 hectáreas, el funcionario consideró que había una reducción de esta plaga. Villafaña, (2018).

En la superficie y la calidad de la laguna siguen disminuyendo debido a la contaminación, la sobreexplotación, la descarga de aguas negras y el crecimiento exponencial de lirio acuático, el cual impide la correcta oxigenación del agua y con ello la muerte del material biológico dentro de la laguna, Bravo, (2018). Posteriormente, en este año del 2021, en el mes de abril del presente año, la laguna que tenía una superficie que no llega a los 30 km², cuando anteriormente contaba con una superficie de 80 km² Valencia, (2021). Ver foto 1 y foto 2.

Se ha encontrado contaminación química y biológica por las actividades desarrolladas en las localidades y ciudades colindantes, así como también plaguicidas, materia orgánica muy elevada, gran cantidad de sales, lo que ocasiona una elevada conductividad eléctrica, ocasionada principalmente por los agroquímicos utilizados en las zonas agrícolas cercanas, metales pesados, parásitos patógenos.

En la Laguna en particular se encuentran los siguientes componentes industriales: amonio, nitratos y fosfato, son contaminantes indicadores de actividad agropecuaria o humana, y sus valores fueron superiores a lo esperado, por lo que para mantener bajos los

niveles de estos tres compuestos consideramos que habría que realizar nuevas acciones importantes Bravo, (2018).

Foto 1. Contaminación de la Laguna de Yuriria.



Foto: Kualí. Disponible en: <http://kuali.com.mx/portal/contaminan-aguas-negras-y-fertilizantes-laguna-de-yuriria/>

Foto 2. Se está secando la Laguna de Yuriria.



Foto de Tonatíuh Hernández. / El Sol del Bajío. Disponible en: <https://www.elsoldeirapuato.com.mx/local/se-esta-secando-la-laguna-de-yuriria-6586240.html>

Propuestas

Se han planteado algunas manifestaciones sobre la contaminación de la Laguna de Yuriria, Leal, (2016) para ayudar a resolver este problema del lirio se tendrían que llevar a cabo las siguientes medidas:

1. Instalar plantas de tratamiento del agua residual de los centros poblacionales de Loma de Zempoala y La Angostura y conocer la eficiencia de las plantas de tratamiento de agua de Uriangato y Yuriria.
2. Promover el uso de fertilizantes orgánicos principalmente en las zonas agrícolas que aportan agua a la laguna
3. Establecer humedales en las zonas agrícolas para bajar la carga de fertilizantes y fortalecer el humedal de la zona suroeste de la laguna con árboles y plantas micrófitos enraizadas.
4. Estimar el costo de servicios ambientales y turísticos que se tendrían que asumir si no se realizan acciones para reducir la extensión del lirio en la laguna.
5. Identificar fuentes de contaminación antrópica de metales pesados para su atención.
6. Establecer un retén para la planta del lirio que ingresa por la zona suroeste de la laguna a fin de evitar su movilidad y reducir su tasa de reproducción.
7. El viento es la principal variante que determina la posición del lirio en la laguna, por lo que se hace necesario contar con al menos tres estaciones meteorológicas más para establecer una relación posición-compactación-fuerza de viento.
8. Continuar con el monitoreo de crecimiento de lirio en las diferentes épocas para establecer la velocidad de crecimiento de lirio en las diversas condiciones de compactación y estacionalidad

Consecuentemente, Leal, (2016) el lirio acuático ha sido objeto de numerosos estudios en los que se han propuesto diversos usos entre los que se encuentran: su utilización como forraje en la alimentación animal Tejada, (1975); Anjana y Matai, (1990), para el tratamiento biológico de afluentes industriales, encontrando que disminuye fenoles y metaboliza metales pesados en afluentes contaminados con petróleo, también contribuye a mejorar la calidad del agua debido a que esta especie es capaz de absorber cadmio y níquel a través de sus raíces Vega, (1990), entre otros usos. Recientemente, se está estudiando como fuente de carbono para fermentaciones en la producción de bioetanol debido a su contenido de hemicelulosa Nigam, (2002); Aswathy, (2010); sin embargo, debido al contenido de metales pesados no es conveniente su uso como forraje y para fabricar papel artesanalmente deberá de ser realizado al mezclar plantas de diferentes épocas del año con la finalidad de disminuir la presencia de metales pesados.

Para la utilización del biogás como una respuesta al crecimiento elevadísimo del lirio, se considera Gutiérrez, (2017) que las condiciones climatológicas de la Laguna de Yuriria son perfectas para la producción de biogás debido a que debajo del nivel de suelo, se encuentra a una temperatura superior a los 30 °C, lo cual favorece el uso del biogás. La producción de biogás a partir de lirio acuático es importante para los pobladores de la Laguna de Yuriria, debido a que es una alternativa económica, aprovechando el lirio como fuente de energía. La producción de biogás a través del uso del lirio acuático está limitada, porque se carece del financiamiento para la construcción de los biodigestores, debido a que la mayoría de los pobladores del lugar, no cuentan con ingresos elevados. También es importante mencionar que la producción de biogás a partir de lirio acuático está condicionada directamente a las condiciones climatológicas de la época del año, resaltando que durante la época de lluvias no

es viable la molienda de lirio acuático, dado que se presentan excesivos paros de emergencia por el taponamiento del equipo de los biodigestores, lo que también es un indicador que lleva a los posibles usuarios a no ver atractivo el propósito. Hay que destacar, que desde el punto de vista económico el proyecto es llamativo si se incorpora un modelo cooperativo en el que al menos un grupo de 20 personas, están directamente relacionados con el secado y la molienda de lirio para su venta como materia prima y sustituto de Gas LP. El proyecto solo es viable si y solo si, se aplica la teoría de escalas y se realiza una incursión importante de biodigestores en el sitio de extracción, iniciando con las personas que extraen el lirio acuático. Se resalta que el acumulamiento a cielo abierto permite ser un almacén de lirio acuático con la magnitud de ser una fuente de materia prima para la incorporación de una cooperativa para el tratamiento del lirio acuático. El propósito tendrá replica a escala domestica si al menos un grupo de 7 familias se organizan y turnan en el uso del molino empleado en este proyecto para ir haciendo conciencia en el uso de la tecnología. Finalmente, se requiere del ingreso de campañas de difusión y concordia para lograr que las personas se vean favorecidas con las ventajas energéticas del lirio acuático. El plan requiere de una gran superficie para su incorporación, lo cual es una limitante en el proyecto, ya que no hay disponibilidad en las cercanías del lugar para un centro de deshidratado y molienda de lirio acuático. En este proyecto no se ha considerado la venta de biogás a los locatarios de la zona de restaurantes de la laguna de Yuriria, debido a que en las cercanías del lugar no hay disponibilidad para el establecimiento de un biodigestor comunitario, resaltando que sería una solución económicamente viable y atractiva para esta zona, dado que podrían consumir un combustible a un menor costo.

Como una propuesta, se propone, la construcción de un número mayor de plantas de tratamiento de aguas residuales que trabajen en buenas condiciones, así como el uso concertado de mejores prácticas de manejo a nivel de cuenca, respaldadas en un estricto seguimiento del ordenamiento territorial, que proporcionen una recuperación más rápida y eficiente del recurso. El uso de humedales artificiales facilitaría la expulsión de contaminantes y la fijación de sedimentos con bajo consumo energético y modesto costo de mantenimiento, la reforestación de las partes altas de la cuenca evitaría la erosión y el arrastre de material alóctono a la laguna (que en la época de lluvias se ve acentuada), la rotación de cultivos prevendría la persistencia de plagas y, por tanto, el uso continuo de plaguicidas. Considerando las severas y cada vez más repetidas sequías, es necesario que los impactos sobre la calidad del agua sean mejor entendidos y que se garantice un volumen mínimo del líquido para la conservación del ecosistema en la laguna de Yuriria. Espinal, Sedeño, López, (2013)

Reconocemos el esfuerzo de científicos, ambientalistas, organizaciones sociales, y autoridades que hasta el momento han luchado incansablemente por el saneamiento y conservación de la Laguna, pero estos esfuerzos aislados son incapaces de provocar cambios de fondo y solamente retrasan lo inevitable: la destrucción del micro ecosistema de Yuriria. Por lo que exhortamos a las autoridades ambientales en la materia a través de esta soberanía a redoblar los esfuerzos sobre el tema. Bravo, (2018).

El lirio acuático juega un papel muy importante para el equilibrio del agua contaminada porque asimila las sustancias de nitrógeno y fósforo y cuando están presentes los contaminantes tóxicos y metales pesados los retiene en su bulbo, sin embargo, la acción

humana para controlar el lirio y su manejo, aplica plaguicidas, ello daña la estructura de la planta, en efecto, la biomasa se hunde, y la calidad del agua, además agota el oxígeno disponible para la continuidad de las cadenas alimenticias. Por ello sería importante la innovación y el desarrollo tecnológico y cumplir con dos objetivos: aumentar y enriquecer los servicios ambientales basados en el aprovechamiento del lirio procesado y asegurar el crecimiento del lirio con alternativas tecnológicas. El lirio molido tiene la capacidad de retener líquidos, sustancias y desechos tóxicos, porque absorbe sustancias contaminantes, como los hidrocarburos y derivados, ácido sulfúrico con plomo, residuos del proceso de curtiduría, líquido revelador, sangre derivada de los rastros, vinazas, sustancias activas de insecticidas, plaguicidas y repelentes de origen químico y/orgánico. El lirio lleva a cabo la ruptura molecular de sustancias y productos líquidos y/o sólidos orgánicos y/o tóxicos, este enlace realiza la acción de biodegradar y hacer descender los niveles de toxicidad, estas acciones benefician la protección del medio ambiente.

Resultaría muy importante reducir la producción de los desechos y/o residuos industriales líquidos y semisólidos; y en consecuencia se presenta disminución de la transferencia de contaminantes de un medio a otro; asimismo se logra la obtención de productos y subproductos energéticos; una mayor sustentabilidad y manejo importante de residuos líquidos selectivos, favoreciendo la promoción de la cultura, educación y aprendizaje del medio ambiente. De la Vega, (2010).

6. Conclusiones

La Laguna de Yuriria, está ubicada en la Región Centro de México, en particular en el estado de Guanajuato. Esta entidad ocupa el 3° lugar en generación del PIB y en población dentro de esta región. La laguna presenta elevados niveles de contaminación por las descargas que recibe de los desechos industriales; ante situación se tiene como resultado el crecimiento exponencial del lirio acuático.

Por parte de los científicos y estudiosos del tema de la contaminación de agua y la presencia del lirio en este embalse se han planteado diversas propuestas, para disminuir el crecimiento de esta planta que está ocasionando una disminución muy significativa de este espejo de agua.

Entre las medidas se encuentran ampliar los servicios ambientales, para la utilización del lirio acuático, porque tiene la capacidad de captar sustancias contaminantes. También se señala la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales que trabajen en buenas condiciones, la reforestación de las partes altas evitaría la erosión y el arrastre material de sustancias alóctonas.

Finalmente, también se plantea la necesidad urgente de promover la cultura, educación y aprendizaje del medio ambiente entre la población.

Referencias

Aguilar y Durán, (2010) "Conceptos de calidad del agua: un enfoque multidisciplinario", en A. Aguilar, coord., *Calidad del agua un enfoque multidisciplinario*, Instituto de Investigaciones

Económicas. Universidad Nacional Autónoma de México, p.p. 11-24. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/Mexico/iiec-unam/20110804014021/Calidagua.pdf>

Aguilar, (2012). "Percepción de los productores agrícolas sobre la calidad y gestión del agua", en coords., Pérez Espejo y Aguilar Ibarra, A. *Agricultura y contaminación del agua: aspectos, generales y teoría*. UNAM, 2012, p.p. 109-126. Disponible en: <http://ru.iiec.unam.mx/1885/1/AGRIContAgua-IMPRESI%C3%93N-12-10-2012.pdf>

Anjana B. and S. Matai (1990) "Composition of Indian aquatic plants in relation to utilization as animal forage", *Journal of Aquatic Plant Management* 28, p.p. 69-73. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/248390923_Banerjee_Anjana_and_Matai_S_1990_Composition_of_Indian_aquatic_plants_in_relation_to_utilization_as_animal_forage_Journal_of_Aquatic_Plant_Management_USA_28_69-73

Ashish Kumar, L.K. Singh, Sanjoy Ghosh, (2009) "Bioconversion of lignocellulosic fraction of water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*) hemicellulose acid hydrolysate to ethanol by *Pichia stipites*", *Bioresource Technol*, Vo. 100, Núm. 13, p.p. 3293-3297. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.023>

Aswathy, Rajeev K. Sukumaran, G. Lalitha Devi, K.P. Rajasree, Reeta Rani Singhania, Ashok Pandey, (2010) "Bio-ethanol from water hyacinth biomass: An evaluation of enzymatic saccharification strategy,

Bioresource Technology, Vol. 101, Núm 3, febrero, p.p. 925-930. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.019>

Córdova, Yael (2017) "Impuestos ambientales en México, asignatura pendiente", en *El Economista*, 3 de mayo. Disponible en: <https://www.economista.com.mx/economia/Impuestos-ambientales-en-Mexico-asignatura-pendiente-20170503-0130.html>

Bravo, Guadarrama, A (2018) "Declarar en contingencia ambiental la Laguna de Yuriria", *Sistema de Información Legislativa de la Secretaría de Gobernación*. Palacio Legislativo de San Lázaro, 22 de marzo. Disponible en: http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2018/03/asun_3685527_20180322_1521734466.pdf

De la Vega, Salazar (2010) *Investigar alternativas de aprovechamiento sustentables de la producción primaria de cuerpos de agua dulce eutrofizados como medida de recuperación ambiental en la Región Centro Occidente*. Secretaría de Desarrollo Social. Diciembre. Disponible en:

<http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Agua%20y%20Saneamiento/Investigar%20Alternativas%20de%20Aprovechamiento%20%20Sustentables.pdf>

Espinal, Sedeño, López (2013) "Evaluación de la calidad del agua en la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: un análisis de valoración para dos épocas 2005, 2009-2010", en *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 29, Núm. 3. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Universidad Veracruzana, Universidad Autónoma de Occidente, Universidad Nacional Autónoma de México., p.p. 147-163. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000300002

- Guanajuato, Gobierno del Estado** (2010) “Manifestación de Impacto Ambiental. Modalidad Particular Hidráulica” *SEMANART*, Disponible en: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/gto/estudios/2010/11GU2010H0017.p>
- Gutiérrez, Vargas** (2017) “Producción de biogás a partir del lirio acuático para la sustentabilidad económica, social, ambiental y energética en la Laguna de Yuriria” *Universidad de Guanajuato Centro Universitario Vinculación con el entorno, A.C.* Disponible en: https://app.ecologiagto.mx/servicios/archivosc/laguna_yuriria/Produccion_Biogas_a_partir_de_Lirio_Acuatico.pdf
- Ibáñez, Eduardo** (2016) “Sen y los derechos humanos: la libertad como objeto material de los derechos humanos”, en *Pensamiento. Revista de Investigación e Información Filosófica*, 72 Núm. 274, septiembre - diciembre p.p. 1119-1140, Disponible en: <https://doi.org/10.14422/pen.v72.i274.y2016.003>
- Jiménez Cisneros, B** (2007) “Información y calidad del agua en México”, en *Trayectorias*, vol. IX, Núm. 24, mayo-agosto. Universidad Autónoma de Nuevo León, p.p. 45-56. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60715115006>
- Leal Morales, A** (2016) *Dinámica poblacional del lirio acuático en la Laguna de Yuriria*, Universidad de Guanajuato, febrero. Disponible en: https://app.ecologiagto.mx/servicios/archivosc/laguna_yuriria/Dinamica_poblacional_de_lirio_acuatico.pdf
- Leal Morales, Hernández Vieyra y Zanor Gabriela** (2016) “Composición química de metales pesados del lirio acuático de la Laguna de Yuriria”, en C. Leal Morales, coord., *Dinámica poblacional del lirio acuático en la Laguna de Yuriria.*, febrero, p.p.32-48. Disponible en: https://app.ecologiagto.mx/servicios/archivosc/laguna_yuriria/Dinamica_poblacional_de_lirio_acuatico.pdf
- Lermontov A., Yokoyama L., Lermontov M., y Soares Machado M. A.** (2011) “A Fuzzy Water Quality Index for Watershed Quality Analysis and Management”, Ed., E. Broniewicz. *Environmental Management in Practice*, p.p. 387-410. Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/environmental-management-in-practice/a-fuzzy-water-quality-index-forwatershed-quality-analysis-and-management>
- Medio Ambiente** (2016) “México: reportan al ave ‘mascarita transvolcánica’ en peligro de extinción”, en *Investigación y Desarrollo*. Disponible en: <https://invdes.com.mx/medio-ambiente/mexico-reportan-al-ave-mascarita-transvolcanica-en-peligro-de-extincion/>
- Nigam J. N.** (2002) Bioconversion of water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*) hemicellulose acid hydrolysate to motor fuel ethanol by xylose-fermenting yeast. *Journal of Biotechnology* Vol. 97, Núm. 2, 7 de agosto, p.p. 107- 116. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(02)00013-5)
- Novelo** (2003) “Flora del Bajío y de regiones adyacentes”, en *Fascículo 118*, septiembre. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://incolbajio.incol.mx/floradelbajio/documentos/fasciculos/ordinarios/Lilaeaceae%20118.pdf>

Sandoval-Minero R. (2004). Ficha informativa de los humedales de Ramsar (FIR), p.p. 1-15, en <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX1361RIS.pdf>

SEMARNAT (2019) “Laguna de Yuriria y su zona de influencia”, en *Áreas Naturales Protegidas*, agosto. Disponible en: <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/areas-naturales-protegidas/10/Laguna-de-Yuriria-y-su-Zona-de-Influencia>

Sen, A., (2004) “Elements of a theory of human rights”, in *Philosophy & Public Affairs*, Vol. 32, Núm. 4, otoño, p. 315-356. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3557992>

T.G. Kazi, M.B. Arain, M.K. Jamali, N. Jalbani, H.I. Afridi, R.A. Sarfraz, J.A. Baig, Abdul Q. Shah (2009) “Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: a case study”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651308000705>

Tejada I. (1975) Valor nutritivo de lirio acuático (*Eichhornia Crassipes*) para el pollo en crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Núm. 28, p.p. 7-12. Disponible en: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2726>

Telles, L. (2016) “Demandan recursos para extraer el lirio”, *Periódico Correo*, 28 de octubre. Disponible en: <https://hemeroteca.periodicocorreo.com.mx/demandan-recursos-para-extraer-el-lirio/>

Valencia, H. (2021) “Laguna de Yuriria en Guanajuato está en peligro de secarse”, en *Televisa News*, abril. Disponible en: <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/laguna-de-yuriria-en-guanajuato-se-esta-secado-poco-a-poco/>

Vega N. (1990) *Las malezas y su combate: Aspectos Generales*. Ediciones de la Biblioteca. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, p.p. 7-32.

Villafaña, L. (2018) “Tiene la Laguna de Yuriria 950 hectáreas de plaga de lirio”, en *Milenio*, 4 de abril. Disponible en: <https://www.milenio.com/estados/laguna-yuriria-950-hectareas-plaga-lirio>

Vibrans H. (2009) “Pontederiaceae *Eichhornia crassipes*” en *Malezas de México* (Mart.) Solms. Lirio acuático. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/pontederiaceae/eichhornia-crassipes/fichas/ficha.htm>

Wen-Cheng L., Hwa-Lung Y. y Chung-En C. (2011). Assessment of water quality in a subtropical Alpine Lake using multivariate statistical techniques and geostatistical mapping: A case study. *International Journal Environmental Research Public Health*, Núm. 8, 15 April, p.p. 1126-1140. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/8/4/1126>

Zeng X. y Rasmussen T.C. (2005). Multivariate statistical characterization of water quality in Lake Lanier, Georgia, USA. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 34, November, p.p. 1980-1991. Disponible en: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jeq2004.0337>