

3

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

PROPUESTAS DE SOLUCIÓN PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE LA LAGUNA SANTA MARTHA EN EL MUNICIPIO DE YACUIBA

*Recibido: 26 de Agosto de 2022 *Aceptado: 31 de Octubre de 2022

Autor:

¹ **Montero Aguirre Mireya Madain**

Co autor:

² **Artunduaga Eysin Neri**

^{1,2} Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología
UAJMS.

Correspondencia de los autores:

Facultad de Ingeniería en Recursos Naturales y Tecnología. Yacuiba.
UAJMS. Km 7 Ruta 9 Yacuiba Santa Cruz Bolivia.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la comunidad de Santa Martha perteneciente a la 1ra sección Yacuiba de la provincia Gran Chaco, poniendo principal enfoque en la laguna denominada con el mismo nombre de la comunidad. La laguna Santa Martha nace como un corredero de agua que bajaba del lado sur donde se encuentra el cuartel, y desembocaba atrás de las vías del tren en dirección de la comunidad de Campo Pajoso, luego los locatarios trancaron esa pasada y transcurriendo ya los meses donde llovía frecuentemente se fue formando de manera natural la laguna, esto se suscitó en el año 1988. Durante estas últimas décadas la laguna ha presentado indicios de contaminación especialmente en las épocas de estiaje que son los meses de Agosto y Septiembre, la contaminación se manifiesta a través de: eutrofización, olor nauseabundo, color verde y presencia de turbidez en las aguas, a raíz de esto se realiza una evaluación de la calidad del agua de la laguna Santa Martha, tomando 3 puntos estratégicos para extraer muestras del lugar y son escogidos 8 parámetros de los cuales 7 son fisicoquímicos (PH, temperatura, amoníaco, fósforo total, oxígeno disuelto, DQO y DBO5) y 1 es bacteriológico (Coliformes Fecales). En los 3 puntos el 80% de los parámetros no cumplen con el límite establecido en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, del cual según su aptitud de uso se lo clasifica como recurso hidrobiológico, y se lo rige en la Clase B de clasificación de cuerpos de agua. En conclusión, en base al análisis que se realiza se verifica que existe contaminación y lo más alarmante la presencia de coliformes fecales, es por eso que se plantea el diseño de un tanque Imhoff, con dispositivos adicionales los cuales son: un canal de desbaste, desarenador de flujo horizontal, laguna facultativa y laguna de maduración, para un correcto tratamiento de las aguas residuales provenientes de la comunidad y del cuartel. Con este diseño de propuesta se ataca directamente a la fuente contaminante, y con el siguiente se propone realizar un dragado como adición, para posteriormente acelerar el proceso de autodepuración de la laguna a través de componentes enzimáticos, es decir mediante el método de biorremediación.

Palabras Clave: Contaminación, coliformes fecales, eutrofización.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas que se encuentran cerca de ciudades tienen mucha relevancia, ya que se considera en su mayoría como lugares de descanso y recreación para los habitantes a su alrededor. Además, de ser un ecosistema acuático que alberga muchos organismos dentro de sí mismo, ya sean acuáticos o terrestres, migratorios o residentes, resaltando más su estética paisajística. Son sitios muy susceptibles a la contaminación y más cuando hay asentamientos urbanos a su alrededor, por ello necesita realizar estudios de laboratorio y monitoreo de la calidad en la que se encuentra. (Taborda, 2017)

Uno de los principales problemas en los últimos años, que aquejan a las lagunas es la eutrofización, que se ocasiona a raíz de la falta de control en el vertimiento de desechos. La eutrofización es la producción de una gran cantidad de algas, las cuales provocan que el índice de oxígeno en el medio acuático vaya disminuyendo, lo cual es muy perjudicial para las especies que habitan dentro del mismo, las consecuencias a causa de una laguna eutrofizada son; mal olor, turbiedad, abundancia de algas, disminución de oxígeno disuelto lo cual provoca la mortandad de los organismos presentes.

Los elementos principales causantes de un depósito natural de agua eutrofizado son: el nitrógeno y fósforo, los cuales están presentes en la materia orgánica que proviene de las aguas residuales, o también pueden provenir de actividades agrícolas donde se hace la utilización de fertilizantes.

Figura 1: Visualización de la Laguna Santa Martha.



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth Pro.

Para contrarrestar esta problemática se debe tratar las cantidades de nutrientes concentrados y la materia orgánica, en primera instancia se debe realizar estudios fisicoquímicos, biológicos y bacteriológicos mediante métodos de muestreo. Algunos parámetros que nos pueden indicar la calidad del cuerpo de agua son: pH, transparencia, oxígeno disuelto, etc. (Chapa, 2010)

Por ello, en el presente proyecto se propone dar solución a esta problemática, se empieza levantando datos mediante entrevistas a los comunarios que se encuentran alrededor del cuerpo de agua, por consiguiente, se escogen los puntos estratégicos para la toma de muestras de agua, lo cual servirá para la determinación de la calidad en la que se encuentra la laguna, para posteriormente plantear el método adecuado para su saneamiento y remediación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar la comparación de las características del suelo se realizó el levantamiento de muestras de suelo y se envió al laboratorio para el análisis físico-químico, con la finalidad de conocer las condiciones actuales del suelo. Las muestras fueron tomadas de un área (zona A) libre de ganado, de la misma manera se tomaron de un área (zona B) con presencia de ganado.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA INVESTIGACIÓN

- **Actividad 1: Caracterización de la laguna**
 - Observación de campo a estudiar
Mediante una visita a la comunidad de Santa Martha se pudo identificar el problema presente en la laguna y las posibles fuentes contaminantes, además de definir los puntos de muestreo y los domicilios para levantar información a través de entrevistas.
 - Revisión bibliográfica
Se obtuvo información bibliográfica a través de documentos web relacionados al tema, informes, tesis mediante una visita a la biblioteca y consultas a expertos en el tema abordado.
 - Entrevistas para recabar información
Se levantó información a través de entrevistas a una pequeña porción de comunarios en Santa Martha, tomando como características principales de que vivan alrededor de la laguna y también a aquellos que forman parte del comité comunal. Se decidió levantar un número de 15 entrevistas, para realizar dicha actividad se solicitó un permiso previo al presidente de OTB.

- **Actividad 2: Evaluación de la calidad del agua de la laguna Santa Martha**
 - Determinación de parámetros a evaluar

A criterio ingenieril y según las fuentes contaminantes de la laguna, se adoptaron 8 parámetros para su posterior evaluación, de los cuales 7 son físicos-químicos y 1 es bacteriológico. Se hace mención de ellos:

- PH
- Temperatura
- Amoníaco
- Oxígeno disuelto
- Fósforo total
- DBO5
- DQO
- Coliformes fecales
 - Toma de muestras en los respectivos puntos
 - Con las conservadoras y la indumentaria necesaria para la toma de muestras, se alquiló una lancha de los comunarios y posteriormente se tomó la muestra en el punto 1 lado sur de la laguna al lado del cuartel, a horas: 1:40 p.m. se inició el muestreo y se concluyó a las 1:53 p.m.
 - Para el punto 2 lado oeste de la laguna se inició a horas 2:10 p.m. y se finalizó a las 2:25 p.m.
 - Para el punto 3 zona norte de la laguna en dirección de las cabañas, se inició a las 2:40 p.m. y se finalizó a horas 2:50 p.m.
 - Cabe resaltar que para mayor exactitud las muestras fueron extraídas a 50 cm de profundidad y a 2 m. de la ribera de la laguna.
 - Se apagó la lancha a 10 m. antes de llegar al punto y se procedió al remo, para evitar levantar sedimentos o cualquier otro tipo de contaminación que altere las muestras.
 - Una vez concluido todo el proceso se llenaron los formularios, se introdujo hielo a las conservadoras para conservar la temperatura del agua y se las empaco para enviarlas al laboratorio.
 - Determinación de los puntos de muestreo
- Para la selección o determinación de los puntos de muestreo se tomó en cuenta los siguientes criterios:
 - En el punto 1: ya que se presume que el cuartel Regimiento Aroma 3 de Caballería expulsa sus aguas residuales a la laguna Santa Martha, por ello este punto es clave para comprobar mediante el análisis de las tomas de muestra de agua.

- En el punto 2: porque es el sector donde menos asentamientos humanos hay, y por lo cual es esencial para comparar los resultados que salgan del mismo con los otros 2 puntos.
- En el punto 3: porque es el sector donde se encuentra asentada la mayoría de la población de Santa Martha y se considera una principal fuente contaminante.
- Georreferenciación de los puntos de muestreo.

Tabla 1. Puntos de muestreo y sus coordenadas E y S

PUNTO	COORDENADA X UTM	COORDENADA Y UTM
1	434963.49	7575364.08
2	434828.03	7575754.15
3	435168.05	7575962.36

Fuente: Elaboración propia a través de Google Earth.

- Análisis de laboratorio
 - Determinación del grado de contaminación

El propósito del análisis realizado fue para determinar el grado de contaminación que sufre el cuerpo de agua de la laguna Santa Martha.

• **Actividad 3: Propuestas de solución**

En su preservación de flora y fauna los cuales son los principales protagonistas de la laguna Santa Martha.

• **Para el modelo de Ecoturismo**

La propuesta para evitar la contaminación provocada por descarga de aguas residuales a la laguna Santa Martha

Se plantea el diseño de un tanque Imhoff, para la comunidad, pero para mayor remoción y eficiencia de parámetros, se diseña un tratamiento preliminar que incluye: un canal de entrada con rejillas de cribado y un desarenador, posteriormente el diseño del tanque Imhoff y para finalizar una laguna facultativa la cual es recomendable para remover completamente la DBO5, así el efluente saliente está apto para ser descargado aun cuerpo de agua receptor sin dañar la calidad de este.

- Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales
Ubicado en la comunidad de Santa Martha y se siguieron los siguientes pasos:

- a. Cálculos preliminares
 - Cálculo de población futura: Es el primer cálculo para la realización del diseño y se lo hace en base a lo que refiere la Norma Boliviana 689. Según la población inicial que se tenga en la zona de estudio se selecciona los métodos correspondientes.
 - Cálculo de caudales de diseño. - son aquellos con los que se trabajará en el diseño de los dispositivos, desde el caudal medio diario (Q_{med}), caudal máximo horario (Q_{maxh}) y el caudal máximo diario (Q_{maxd}).

- b. Diseño de pretratamiento y dimensionamiento del canal de ingreso
 - Cálculo del área transversal del canal.
 - Cálculo del diámetro del emisario.
 - Cálculo de las dimensiones del canal rectangular.
 - Para la pendiente del canal primero se comienza con el cálculo de perímetro mojado, radio hidráulico y finalmente con esos datos se puede calcular la pendiente.
 - Para el diseño de las rejillas del canal de desbaste, se comienza calculando la longitud de barras, para el número de barras primero se hace la adopción del tipo de rejas y en base a los datos del mismo se reemplaza en la fórmula.
 - Cálculo de la longitud del canal.
 - Cálculo del área transversal del flujo de la parte de las rejas.
 - Cálculo de la velocidad de circulación para comprobar si se cumple con el límite establecido.

- c. Diseño de desarenador de flujo horizontal
 - Cálculo de la velocidad de sedimentación mediante la ley de Stock para régimen de flujo laminar.
 - Cálculo de la velocidad de sedimentación mediante la ley de Newton para flujo turbulento.
 - Coeficiente de Allen para flujo de transición.
 - Cálculo de velocidad crítica.
 - Cálculo de la longitud del desarenador y sus dimensiones
 - Cálculo del tiempo de sedimentación y de desplazamiento.
 - Diseño del canal Parshall a través de las tablas de Asevedo Neto que están en función del caudal máximo horario.

- d. Diseño pasos para el diseño del tanque Imhoff
 - Se empieza calculando el área de sedimentación.
 - Cálculo del volumen de sedimentación.
 - Cálculo de dimensiones para largo y ancho.
 - Cálculo de la longitud mínima del vertedero de salida.
 - Para el digestor se comienza calculando su volumen.
 - Cálculo del área de ventilación y cámara de natas.
 - Tiempo requerido para digestión de lodos.
 - Carga de sólidos que ingresan al sedimentador.
 - Masa de sólidos que conforman los lodos.
 - Volumen diario de lodos digeridos.
 - Volumen de lodos al extraerse del tanque.
 - Área de lecho de secado de lodos.
 - Cálculo de remoción de DBO5 del tanque Imhoff.

- e. Pasos para el diseño de la laguna facultativa
 - Cálculo de carga orgánica.
 - Carga superficial de diseño.
 - Cálculo del área de la laguna.
 - Cálculo del volumen de la laguna.
 - Cálculo del tiempo de retención hidráulico.
 - Dimensionamiento de la laguna.
 - Caudal de diseño corregido por evaporación.
 - Para el cálculo de la remoción de Coliformes fecales depende mucho si se hace o no la utilización de mamparas.

- f. Si se hace el uso de mamparas, se sigue los siguientes pasos
 - Cálculo del coeficiente de dispersión "d".
 - Coeficiente de reducción bacteriana.
 - Constante adimensional "a".
 - Cálculo de la remoción de Coliformes fecales.
 - Coliformes fecales corregidos por evaporación.
 - Se prosigue con el cálculo de remoción de DBO5 con: constante decaimiento de la DBO5 (día-1) y luego se aplica la formula oficial de remoción.
 - DBO5 corregida por evaporación.
 - Cálculo del % porcentaje de remoción de DBO.

- g. Para el diseño de la laguna de maduración
 - Cálculo del volumen de la laguna.
 - Área de la laguna.
 - Cálculo para el dimensionamiento de la laguna.
 - Para los siguientes cálculos, se emplea las mismas fórmulas de la laguna facultativa.

- **Propuesta de solución a la contaminación presente en la laguna Santa Martha**

Se presentan las siguientes propuestas basándose en los resultados obtenidos de laboratorio para la determinación de la calidad del cuerpo de agua, como de las entrevistas realizadas a los pobladores de la comunidad de Santa Martha, donde se concluye en un resultado final y concreto de que si existe contaminación en la laguna.

Se elaboró una propuesta que ataca directamente a la fuente contaminante de la laguna Santa Martha, ahora el enfoque principal es una propuesta que ayude a recuperar su estado natural y evitar que presente las mismas problemáticas en una cierta época de año tras año.

- Dragado antes de cualquier tipo de tratamiento:

Para evitar la eutrofización, los malos olores y el color verde que adopta la laguna Santa Martha en épocas de estiaje (agosto y septiembre) según reportes brindados por los comunarios, se propone realizar un dragado donde se extraiga toda la materia vegetal producto del exceso de nutrientes, ya que más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores, dándole un aspecto nauseabundo y disminuyendo drásticamente la calidad del ecosistema acuático. El dragado se debe realizar un mes antes de agosto.

Además, cabe resaltar que para realizar cualquier otro tipo de tratamiento es necesario implementar primeramente el dragado, de lo contrario no se tendrá mejoría en la calidad del cuerpo de agua, y se seguirá presentando las mismas problemáticas pasadas.

- Tratamiento posterior al dragado:

Una vez ya implementado el dragado se debe hacer la utilización de un tratamiento de biorremediación, el cual se opta por su bajo costo y por ser ambientalmente amigables. El mismo hace la utilización de organismos vivos para degradar contaminantes presentes y de esta manera reducir malos olores en el ecosistema acuático.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 2. Resumen de datos generales para el diseño del proyecto

<i>Datos</i>	
Índice de crecimiento poblacional (i)	3,7%
Periodo de diseño del proyecto (t)	20 años
Población inicial (Pi)	700 hab.
Población futura (Pf)	1378 hab.
Coefficiente de variación anual de dotación en porcentaje (d)	2%
Dotación inicial (Di)	110 l/hab./día
Dotación futura (Df)	163,45 l/hab./día
Coefficiente de retorno (C)	80%
Caudal medio diario (Qmed.)	2,09 l/s
Coefficiente de caudal máximo diario (K ₁)	1,50
Coefficiente de caudal máximo horario (K ₂)	2,11
Coefficiente de punta (M)	3,17
Caudal máximo horario (Qmaxh.)	6,63 l/s
Caudal máximo diario (Qmaxd.)	3,14 l/s.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Resumen de resultados del diseño del canal de desbaste

Parámetro de diseño	Valor y unidad
Área transversal (At)	0,018 m ²
Velocidad media del flujo (v)	0,40 m/s
Diámetro del emisario (D)	6 "
Ancho del canal (b)	0,20 m
Altura total del canal (ht)	0,30 m
Longitud de barras (L)	0,20 m
Número de barras (Nb)	7 barras
Longitud del canal (Lc)	1 m
Velocidad de circulación (Vc)	0,44 m/s

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Dimensiones de cada elemento del canal Parshall

Parte o elemento	Valor (cm)
Ancho de la (w)	7,6
A garganta	46,6
B	45,7
C	17,8
D	25,9
E	38,1
F	15,2
G	30,5
K	2,5
N	5,7

Fuente: Elaboración propia a partir de (Azevedo & Álvarez, 1998)

Tabla 5. Resumen de resultados del diseño del desarenador de flujo horizontal

Parámetro de diseño	Valor y unidad
Velocidad de sedimentación (Vs)	0,026 m/s
Velocidad crítica (Vd)	0,20 m/s
Altura del desarenador (h)	0,20 m
Base del desarenador (B)	0,30 m
Longitud del desarenador (L)	2,30 m
Longitud de transición (I)	0,25 m
Tiempo de sedimentación (Ts)	7,69 s
Tiempo de desplazamiento (Td)	11,5 s

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Resumen de resultados de diseño del tanque Imhoff

Parámetro de diseño	Valor y unidad
Área de sedimentación (As)	7,52 m ²
Volumen de sedimentación (Vs)	15,05 m ³
Ancho de la zona de sedimentación (w)	1,40 m
Largo de la zona de sedimentación (L)	5,40 m
Longitud mínima del vertedero de salida (Lv)	1,10 m
Volumen del digester de lodos (Vd)	67,52 m ³
Ancho total del digester (w)	3,90 m
Tiempo de requerido para digestión de lodos (T)	40 días
Carga de sólidos que ingresan al sedimentador (C)	124,02 kg/día
Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd)	40,31 kg/día
Volumen diario de lodos digeridos (Vld)	387,70 l/día
Volumen de lodos extraídos del tanque (Vel)	15,51 m ³
Área del lecho de secado (Als)	38,78 m ²
Ancho del lecho de secado (w)	4 m
Altura o profundidad del lecho de secado (ha)	0,40 m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Resumen de resultados de diseño de la laguna facultativa

Parámetro de diseño	Valor y unidad
Carga orgánica (Co)	22,75 kg/día
Carga superficial (δs)	271,25 kgDBO/hab.-día
Área de laguna (A)	838,82 m ²
Volumen de la laguna (VI)	2097,05 m ³
Tiempo de retención hidráulico (TRH)	11,61 días
Altura o profundidad (z)	2,5 m
Base promedio (Bpromed)	16,75 m
Longitud promedio (Lpromed)	50,10 m
Caudal corregido por evaporación (Qe)	174,93 m ³ /día
Coliformes fecales en el influente (Ni)	1x10 ⁸ NMP/100ml
Coliformes fecales removidos y corregidos por evaporación (Nec)	21764,86 NMP/100ml
DBO en el influente (DBOi)	126 mg/l
DBOe removido y corregido por evaporación (DBOec)	26,93 mg/l.
Porcentaje de remoción de DBO (%)	80%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Resumen de resultados de diseño de laguna de maduración

Parámetro de diseño	Valor y unidad
Volumen de la laguna (VI)	1016,34 m ³
Área de la laguna (A)	677,56 m ²
Altura o profundidad (z)	1,5 m
Base promedio (Bpromed)	16,75 m
Longitud promedio (Lpromed)	40,45 m
Caudal corregido por evaporación (Qe)	170,15 m ³ /día
Coliformes fecales en el influente (Ni)	21764,86 NMP/100ml
Coliformes fecales removidos y corregidos por evaporación (Nec)	335,64 NMP/100ml.
DBO en el influente (DBOi)	26,93 mg/l
DBOe removido y corregido por evaporación (DBOec)	10,62 mg/l
Porcentaje de remoción de DBO (%)	61%

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIÓN

- Se elaboraron 2 propuestas para la reducción del foco contaminante que llega a la Laguna Santa Martha. Una está enfocada a reducir la contaminación por la infiltración de aguas residuales es decir se plantea el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales y la siguiente propuesta es para remediación de la laguna a través del método de biorremediación con enzimas, además de proponer el ecoturismo para la preservación y conservación del cuerpo de agua.
- Se realizó la evaluación la calidad del agua en base a los resultados de los laboratorios realizados en tres puntos de muestreo de la laguna Santa Martha, en todos los puntos los resultados están por encima de los límites máximos permisibles de casi el 80% de los parámetros estudiados (pH, oxígeno disuelto, fosfato total, DBO5, DQO y coliformes fecales), esto significa que la laguna Santa Martha está contaminada y por lo tanto la flora y fauna acuática está en riesgo de desaparecer en mediano o largo plazo y puede convertirse en un foco de infección que puede afectar a la población que visita este sitio turístico.
- Se propone un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Santa Martha y el cuartel Regimiento Aroma 3 de Caballería, de acuerdo a las observaciones en el lugar, los resultados de los laboratorios realizados, y haciendo un minucioso análisis e interpretación, de esta manera evitar la contaminación de la laguna Santa Martha a través de infiltraciones subterráneas de aguas residuales y mantener en condiciones de salubridad este sitio turístico. En el diseño se incluye los siguientes dispositivos: canal de desbaste, desarenador de flujo horizontal, tanque Imhoff, laguna facultativa y laguna de maduración.
- Se pudo observar la eutrofización de las aguas de la laguna Santa Martha, este fenómeno se manifiesta en épocas de estiaje como ser en los meses de agosto y septiembre, además se evidencia más de contaminación produciendo olor nauseabundo, color verde y turbidez, a causa de la descomposición de la materia vegetal producida por la eutrofización. La eutrofización se da gracias a los aportes excesivos de nitrógeno y fosforo contenidos principalmente en las infiltraciones de aguas residuales de los alrededores de la laguna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dirección de Turismo del Gobierno Autónomo Departamental de Tarija. (2018). www.turismo.tarija.gob.bo. Obtenido de www.turismo.tarija.gob.bo: <https://www.turismo.tarija.gob.bo/es/atractivos-turisticos/yacuiba/118-laguna-santa-martha-ruta-gastronomica>
- 496, N.B. (2005). Agua Potable-Toma de Muestras. La Paz.

- 689, N.B. (2004). instalaciones de Agua-Diseño para sistemas de Agua Potable. Bolivia: Segunda Edición.
- Acción, E. e. (1 de 06 de 2008). Fitorremediación. Obtenido de Fitorremediación: <https://www.ecologistasenaccion.org/17857/fitorremediacion/>
- ae, A. (1 de Diciembre de 2016). YouTube. Obtenido de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=d40weEoS988>
- Agriculturers. (5 de Agosto de 2015). agriculturers.com. Obtenido de agriculturers.com: <https://agriculturers.com/la-fitorremediacion-plantas-para-tratar-la-contaminacion-ambiental/>
- Aqua. (21 de Julio de 2016). blog.securibath.com. Obtenido de blog.securibath.com: <https://blog.securibath.com/2016/07/21/agua-caliente-precio-una-ducha/>
- Asamblea Legislativa Plurinacional. (25 de septiembre de 2012). sea.gob.bo. Obtenido de sea.gob.bo: https://sea.gob.bo/digesto/CompendioII/K/83_L_292.pdf
- Azevedo, N., & Álvarez, G. (1998). Manual de hidráulica. Harla.
- Chapa, G. (enero de 2010). researchgate.net. Obtenido de researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/236649916_Eutrofizacion_Abundancia_que_mata
- CienciAcierta. (26 de septiembre de 2016). www.cienciacierta.uadec.mx. Obtenido de www.cienciacierta.uadec.mx: <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/>
- Cifuentes. (2010)