

Reporte Final de Residencia Profesional

AGOS-DIC 2018

**ESTANDARIZACIÓN DE UNA TÉCNICA PARA UN MODELAMIENTO  
MATEMATICO APARTIR DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS EN UN  
SISTEMA ACUATICO**

Presenta:

Alberto Carrillo Briones

Número de Control: 14270226

Ingeniería Bioquímica

Asesor: M.C. José Humberto Castañón González

Revisores

Dr. Juan José Villalobos Maldonado

Dr. Víctor Manuel Ruíz Valdivieso

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 18 de enero del 2019

# Índice

## Índice figuras

Figura 1 (parque nacional lagunas de Montebello).....	14
Figura 2 (laguna de estudio “la encantada”).....	15
Figura 3 (laguna “la encantada”).....	15
Figura 4 (segmentación de la laguna la encantada en representación de la toma de muestras).....	17
Figura 5 (punto de muestreo).....	25
Figura 6 (punto de referencia).....	26
Figura 7 (punto de toma de muestra).....	26

<u>1. Introducción</u>	4
<u>2. Justificación</u>	7
<u>3. Objetivos</u>	8
<u>4. Caracterización del área en que participo</u>	9
<u>5. Fundamento teórico</u>	10
<u>6. Antecedentes en sistemas acuáticos y su aplicación en lagunas</u>	11
<u>7. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas</u>	13
<u>8. METODOLOGÍA</u>	16
<u>9. Resultados</u>	17
<u>10. PH</u>	18
<u>11. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA</u>	20
<u>12. OXIGENO DISUELTO</u>	21
<u>13. TEMPERATURA</u>	23
<u>14. TURBIDEZ</u>	25
<u>15. CLOROFILA</u>	26
<u>16. DQO Y DBO</u>	27
<u>19. Conclusiones y recomendaciones</u>	29
<u>20. Bibliografía</u>	30

## Índice figura

Grafica 1 (puntos elegidos en función al pH).....	18
Grafica 2 (puntos elegidos conforme a la conductividad eléctrica).....	20
Grafica 3 (oxígeno disuelto).....	21
Grafica 4 (temperatura).....	22

Grafica 5 (turbidez).....	24
Grafica 6 (clorofila).....	25
Grafica 7 (DBO).....	26
Grafica 7 (DQO).....	26

## 1. Introducción

Los cuerpos acuáticos epicontinentales de México son de gran importancia para la vida silvestre, la biodiversidad y el ecoturismo nacional. Asimismo, son esenciales para las diversas actividades humanas, incluidas la agricultura, el desarrollo industrial, urbano y las economías locales. Sin embargo, enormes cantidades de desechos domésticos e industriales se han descargado a lo largo de los años en ríos y lagunas generando un deterioro sin precedente de la calidad del agua. La

contaminación acuática es una de las problemáticas que debe enfrentar cualquier programa para el manejo de los recursos acuáticos superficiales. Las estadísticas gubernamentales muestran que la mayor parte de las aguas superficiales en el país se encuentran en categoría de “contaminadas” a “excesivamente contaminadas”, y solo algunos lugares no presentan contaminación o ésta es muy leve (Alcocer, 2007).

La evaluación del estado trófico de un medio acuático expresa entonces la relación entre la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento del fitoplancton dentro del sistema, por lo que el proceso de eutrofización depende principalmente del marco geográfico del medio y de las cargas de nutrientes que recibe (Rivera, 2002), y se ve afectado no sólo por el aporte de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, sino también por factores como la temperatura, el pH, la turbidez, etc. (Carlson & Simpson, 1996).

La Limnología, el estudio científico de las aguas epicontinentales, puede ser considerada como una rama de la ecología ya que cubre aspectos biológicos, químicos, físicos, geológicos y otros atributos, así como de sus interacciones, en las aguas epicontinentales. Ésta incluye el estudio de lagunas y estanques, ríos, manantiales, arroyos y humedales (Wetzel, 2001).

Los paisajes kársticos en México representan aproximadamente un 15 % del territorio nacional. Estos paisajes se localizan principalmente en Tamaulipas, Chiapas y la península de Yucatán (Espinasa, 2007), sin embargo, la caracterización de estos territorios y su funcionamiento tiene aún poco detalle.

El karst es un paisaje que se desarrolla a partir de la disolución de las rocas (caliza, mármol, dolomía, yeso o halita) por la acción del agua principalmente. En este sentido, su evolución y expresiones morfológicas dependerán de las interacciones: roca-agua, condiciones climáticas, topografía y la acción biológica (Ford & Williams, 1989, 2007; Stokes, 2010).

Las implicaciones hidrológicas o riesgos ambientales en rocas kársticas radican principalmente en la alta porosidad y permeabilidad que poseen. De esta manera,

la alta permeabilidad favorece la transferencia de agua y materia orgánica desde la superficie a las cavidades sub superficiales o viceversa.

El sistema kárstico del (PNLM) en Chiapas, se considera uno de los escenarios naturales más bellos de México. En él se pueden encontrar una amplia variedad de lagunas kársticas que varían en forma, tamaño y tonalidad del agua. Este sistema de lagunas cumple una función ecológico de vaso regulador regional, regulador climático y corredor biológico además de servir como fuente de sustento de un número considerable de comunidades que viven de los ingresos generados por el turismo (CONANP-SEMARNAT, 2007).

El cambio de uso de suelo y como consecuencia la deforestación son algunas de las actividades a las que se le atribuye la modificación de la calidad físico-química del agua de las lagunas. Estos cambios son más evidentes en los lagos conectados superficialmente con el sistema hidrológico del Río Grande de Comitán, mostrando fuertes cambios de coloración, burbujeo y olores fétidos. Reportes técnicos mencionan cambio en parámetros como pH, aumento de conductividad eléctrica y altas concentraciones de sulfatos en estos lagos (CFE, 2012).

Los (PNLM) se localizan en la región sur-sureste del estado de Chiapas y abarcan una superficie de 6425 hectáreas comprendidas en los municipios de la Independencia y la Trinitaria. Forman parte de la subcuenta del río Grande de Comitán que, a su vez, en parte de la cuenca del río Lacantun. En 1959 se decretaron como zona de protección en la categoría de “parque nacional “debido a su alta riqueza biológica y su influencia en sistemas ecológicos, culturales y económicos. A partir de 2000 su gestión está a cargo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONAMP) perteneciendo a la secretaria del Medio Ambiente y recursos naturales (Semarnat).

Las principales amenazas que enfrenta la conservación del Parque Nacional Lagunas de Montebello (PNLM) son: el cambio de uso de suelo; el riesgo agrícola; los incendios forestales; la afectación por desechos sólidos; y la contaminación del agua y el suelo debido a las actividades agropecuarias y al vertido de las aguas residuales domésticas, principalmente de la Ciudad de Comitán de Domínguez.

La evaluación del impacto del cambio de uso de suelo sobre la calidad del agua de las lagunas y las propuestas de remediación de los mismos, deben considerar el conocimiento de la dinámica natural del sistema kárstico en toda la cuenca y la identificación de los factores que favorecen o modifican su naturaleza.

La CFE (2012), reporta medidas de temperatura y precipitación en un conjunto de estaciones regionales del área de Montebello, Chiapas. Se observa que las temperaturas medias no presentan cambios significativos entre sí, situándose alrededor de 17.5 °C. En promedio la época más calurosa del año se registra entre los meses de mayo a octubre y los meses más lluviosos son de junio a septiembre, este último es el mes con los máximos valores de precipitación, por lo cual la mayor precipitación ocurre en verano.

## 2. Justificación

El problema ambiental de origen antropogénico que más comúnmente se presenta en los cuerpos de agua, esta alteración puede describirse, de manera simplificada como la sobre-fertilización de los sistemas acuáticos con nutrimentos (principalmente compuestos con nitrógeno y fosforo) y/o materia orgánica que es rica en dichos nutrimentos.

El agua de los sistemas eutróficos se torna de color verde o café, se forman capas espesas de algas con olores desagradables, que sombrean y limitan el crecimiento de otras especies, como las plantas que viven en el fondo.

El (PNLM) representa uno de los escenarios naturales más bellos a nivel nacional, la belleza escénica del parque se enmarca en un paisaje característico de lomeríos con una multitud de lagunas de diversos tamaños y tonalidades.

Su ubicación geográfica le confiere especial importancia ya que se encuentra en la zona que comunica la región fisiográfica de la Altiplanicie de Chiapas y la Planicie Costera del Golfo, lo que corresponde al macizo central y las llanuras y declives del Norte del macizo central de las regiones florísticas de Miranda (1952).

El (PNLM) obtuvo el reconocimiento como sitio Ramsar número 1325, el 27 de noviembre de 2003. Esto significa que el Parque se encuentra en la lista de humedales de importancia internacional según los criterios establecidos por la Convención sobre los Humedales (realizada en la ciudad iraní de Ramsar, en 1971), que es el único tratado ambiental mundial acerca de un ecosistema en particular y que entró en vigor a finales de 1975 (M. del Coro, 2000).

### 3. Objetivos

**Objetivo del proyecto:** desarrollo de una técnica matemática usada en sistemas terrestres en un sistema acuático

**Objetivo general:** cuantificar de parámetros fisicoquímicos en una laguna del sureste mexicano de nombre la encantada perteneciente al PNLM.

### Objetivos particulares

- 1) Revisión bibliográfica de antecedentes en sistemas acuáticos y su aplicación en lagunas o cenotes.
- 2) medición de parámetros fisicoquímicos en la laguna Encantada.
- 3) Análisis de datos obtenidos mediante diversos sensores
- 4) Recolección y cuantificación de muestras de agua provenientes de dicha laguna

#### 4. Caracterización del área en que participo

El trabajo se realizó en el área de estudio de nombre (PNLM) en la laguna “La Encantada”, y en el edificio denominado POLO TECNOLÓGICO del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

## Problemas a resolver, priorizándolos

Verificar y corregir una técnica matemática usada en sistemas terrestres en un sistema acuático

Determinación de las propiedades físico-químico de la laguna encantada

## Alcances y limitaciones

### Alcance

El proyecto tiene como alcance formar una técnica matemática usada para un sistema acuático.

Los aspectos puntuales que comprende esta investigación están referidos a los parámetros físico-químicas del sistema acuático que se obtuvieron en el monitoreo de la laguna la encantada.

### Limitaciones

El proyecto tuvo como limitación la falta de tiempo para poder desarrollar el modelo matemático, debido a cuestiones metereologicas.

## 5. Fundamento teórico

La actividad humana ha aportado grandes cantidades de nutrientes en los ecosistemas acuáticos, lo que ha ocasionado un incremento desmesurado de la población vegetal y una gran aceleración de los procesos naturales de eutrofización

(Orozco et al., 2011). Las principales manifestaciones de dicho fenómeno son, adicionalmente al incremento en la biomasa autotrófica, la coloración verde-grisácea del agua, la producción de malos olores y la disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto en el fondo debido al incremento de la materia orgánica en descomposición. Esto repercute en un aumento en la turbiedad de las aguas, disminuyendo la calidad del agua del cuerpo acuático e impidiendo su uso recreativo, turístico y/o doméstico (Moreta, 2008).

La eutrofización antropogénica se ha expandido en todo el territorio nacional. Tal parece ser el caso de algunos (PNLM), Chiapas, en los cuales desde el año 2003 se detectó un cambio en la coloración de sus aguas. Esto pudiera estar relacionado con la ampliación de las zonas de cultivo en la periferia de la reserva, lo que conllevaría un aumento en el uso de agroquímicos que podrían estar relacionados con la contaminación del agua en los distintos cuerpos del sistema lacustre (Durán et al., 2014). Por otro lado, se ha identificado una erosión hídrica potencial severa en la subcuenca del Río Grande y microcuenca de la laguna de Montebello. Asimismo, el acuífero se considera muy vulnerable a la contaminación, con un deterioro en la calidad del agua subterránea hacia las cercanías de los cuerpos acuáticos. Las fuentes potenciales de contaminación serían la lixiviación e infiltración de residuos sólidos municipales y la descarga de aguas residuales no tratadas (CFE, 2012).

## 6. Antecedentes en sistemas acuáticos y su aplicación en lagunas

En la actualidad existe un sin número de modelos matemáticos, desarrollados con la finalidad de estudiar el comportamiento de un determinado contaminante o un

grupo de éstos a lo largo de una corriente natural. Comúnmente la selección del modelo a implementar depende de la disponibilidad de información con que se cuenta, el propósito de la modelación y los procesos a modelar; esta condición implica que no siempre un modelo puede aplicarse en el estudio de la calidad del agua en una corriente en particular.

Como es bien sabido, la modelación de un sistema natural comúnmente es realizada mediante la implementación de modelos matemáticos; en la actualidad diversas instituciones han invertido ingentes recursos en el desarrollo de herramientas matemáticas, que permitan estudiar fenómenos naturales, complejos, como es la modelación de la calidad del agua en corrientes naturales.

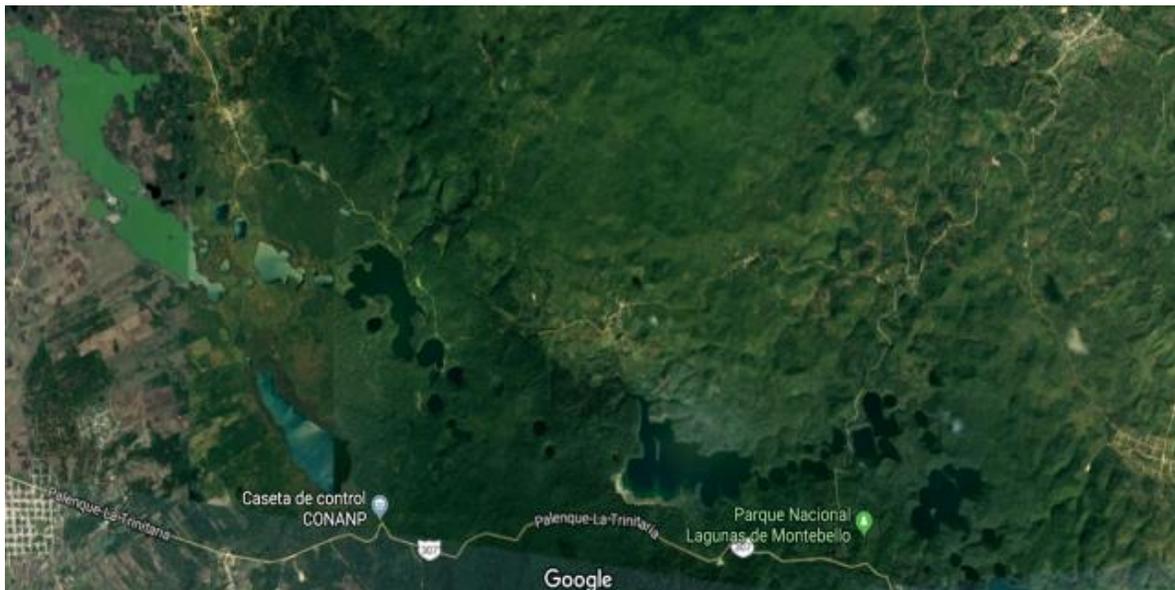
En este sentido, en el estado del conocimiento, son muchos los modelos que han sido utilizados para el análisis de eutrofización en cuerpos de aguas, tales como CE-QUAL-W2 [Liu et al., 2009; Kuo et al., 2006]. CE-QUAL-W2 es un modelo de calidad del agua en dos dimensiones (longitudinal y vertical) que simula la evolución hidrodinámica (Cole & Wells, 2000). Debido a que el modelo supone homogeneidad lateral, es adecuado para masas de agua relativamente largas y estrechas que tienen gradientes verticales y longitudinales de la calidad del agua. El modelo se ha aplicado a los ríos, lagunas, embalses, estuarios, y combinaciones de ellos. Además de la hidrodinámica básica (velocidad, densidad y temperatura) también permite simular más de 60 parámetros bioquímicos de calidad del agua (si se dispone de los datos de entrada correspondientes) como por ejemplo: oxígeno disuelto, salinidad, concentraciones de elementos traza, blooms de algas, macrófitos. WASP es un modelo de calidad de agua usado para predecir e interpretar la respuesta del cuerpo de agua a varias fuentes puntuales y no puntuales de contaminación. Los modelos WASP y HSPF resultan bastante útiles para estudios de eutrofización puesto que ambos modelos comparten similares características para modelación entre las cuales las referidas a calidad de agua, sin embargo, sus diferencias resaltan en cuanto a su aplicación puesto que han sido desarrolladas con distintas orientaciones lo que se demuestra con los antecedentes de ambos modelos; es así como el modelo HSPF se presta más al desarrollo del modelo a

nivel de cuenca considerando en general las fuentes puntuales y no puntuales de contaminación (sedimento, erosión, nutrientes, material particulado, entre otros). En cambio, el modelo WASP se usa en estudios de cuerpos de agua específicos donde los parámetros de calidad de agua son el centro de evaluación. WASP [Kellershohn & Tsanis, 1999; Hajda & Novotny, 1996]. La mayoría de estos modelos tienen un marcado carácter generalista, de modo que puedan ser aplicados a cualquier sistema acuático y al estudio de diversos problemas ambientales. Ello hace que su aplicación a algunos procesos o sistemas complejos, como los que ocurren en las lagunas, no esté suficientemente contrastada o, directamente, arroje resultados alejados de la realidad de estos medios.

## 7. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

### Área de estudio

El área de estudio comprende la laguna Encantada en los lagos de Montebello se localizan en la región sur-sureste del estado de Chiapas y abarcan una superficie de 6425 hectáreas comprendidas en los municipios de la Independencia y la Trinitaria. Forman parte de la subcuenta del río Grande de Comitán que, a su vez, en parte de la cuenca del río Lacantun.



Google Maps, 2018

Figura 1. Parque nacional lagunas de Montebello, tomada de google maps



Google Maps, 2018

Figura 2. Laguna de estudio “La encantada”



Carrillo, 2018

Figura 3. Laguna “La Encantada”

## 8. METODOLOGÍA

- 1) Se procedió al diseño y elaboración de una botella híbrida para la recolección de muestras.
- 2) La botella híbrida fue diseñada con fines de utilidad para las necesidades y características que se tomaron en cuenta para el muestreo, tomando en cuenta algunos modelos de botellas de muestreo.

## METODOLOGIA

- 1) Se elaboró una red de muestreo sistemático en ArcGis el cual es un sistema que permite analizar, compartir y distribuir información geográfica, es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de la educación y los medios.
- 2) Mediante el software ArcGIS, se procedió a cuadrar la zona de muestreo en la laguna "La Encantada".
- 3) Se procedió con el muestreo conforme a los puntos indicados, con la identificación de un GPS, para la exactitud del punto marcado del sistema
- 4) Estando en el punto exacto se introdujeron los sensores de temperatura, pH, conductividad eléctrica, turbidez todos estos sensores de la marca global wáter.
- 5) Por lo consiguiente estando en el punto también se tomaron muestra de oxígeno disuelto y batimetría; sacando la muestra de agua con el apoyo de la botella de muestreo.
- 6) Los parámetros fisicoquímicos mencionados se hicieron durante la temporada de lluvia, los cual fueron 3 días consecutivos del muestreo en los puntos indicados en el sistema los días de muestreo 14,15,16 de septiembre.
- 7) En el 4 día se procedió a la recolección de las muestras en los puntos seleccionados a las características fisicoquímicas que presentaban, los envases de ámbar etiquetados correctamente, se introdujeron a un contenedor la cual dentro de ella contenía material enfriante para el transporte de la muestra conforme a la (NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-014-SSA1-1993 ).

## 9. Resultados



Figura 4. Segmentación de la laguna “La encantada” en representación de la toma de muestras.

En la presente imagen se muestra la segmentación de la laguna “la encantada” dividida en tres secciones, que corresponden a los colores que se representan en las gráficas presentadas en los diferentes parámetros fisicoquímicos, la segmentación se estructuró para poder evaluar los puntos de la laguna de una forma más específica conforme a las zonas.

Sección “A”: es la zona de la salida de la laguna y también en esa sección hay una entrada pequeña de agua proveniente de una laguna y es la sección con mayor profundidad.

Sección “B”: es la zona central de la laguna

Sección “C”: en esta zona es la más cercana a los comerciantes que radican en la comunidad y es la más afectada debido.

## 10. PH

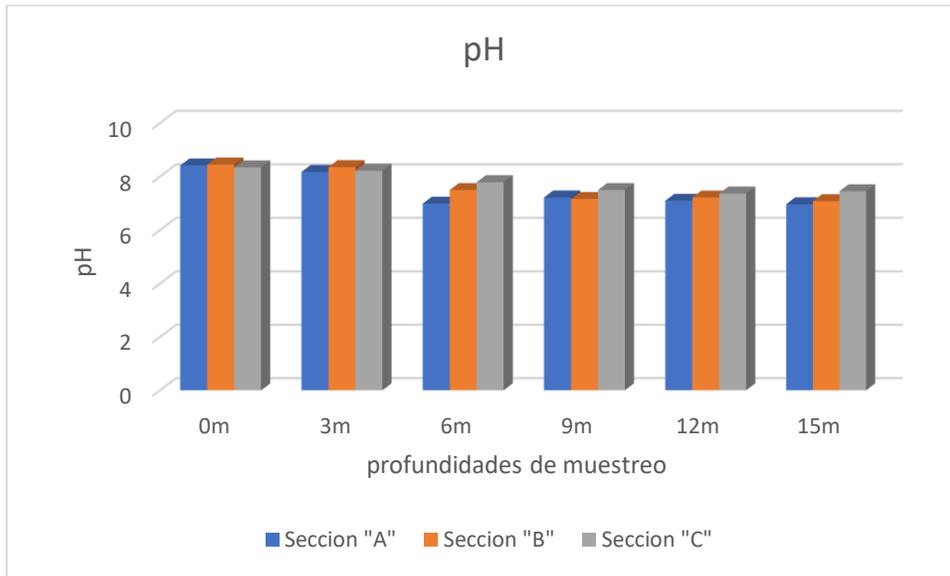


Figura 5. Puntos elegidos en función del pH

En las 2 primeras profundidades se presenta un pH de 8 ( $\pm$ ), la mayoría de las plantas y animales acuáticos prefieren vivir en un intervalo de pH entre 6 y 8. Los animales y plantas se han adaptado a un pH específico, y si el pH del agua se sale de estos límites podrían morir, dejar de reproducirse o emigrar, lo cual ocurre en la laguna que las plantas se están secando debido a que han alcanzado el límite permisible para su crecimiento.

En los 4 datos siguientes de las profundidades presentan un pH de un rango de 6 a 8 presentando en la zona gris donde es el punto que está cercano a la orilla donde están los comerciantes desechan diferentes contaminantes (desperdicio de comida). Un pH bajo también puede hacer que los compuestos tóxicos sean más perjudiciales porque más fácilmente a las plantas y los animales acuáticos. Ya que el pH puede afectarse por componentes químicos en el agua, el pH es un indicador importante de que el agua está cambiando químicamente.

El pH es una medida que indica la acidez del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica que el agua es básica. En realidad, el pH es una medición de

la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua. Si el agua contiene más iones de hidrógeno tiene una mayor acidez, mientras que agua que contiene más iones de hidróxido indica un rango básico.

Con respecto al pH, cada especie necesita un rango determinado que permita un crecimiento óptimo. La mayoría de cultivos de microalgas es de 7-9, siendo 8.2-8.7 el valor óptimo (Ruiz 2011). Un ejemplo de esto es el resultado de estudios con cultivos intensivos de *Spirulina* utilizando en estanques abiertos, donde el pH óptimo para esta especie es de 9.5-10.5 y donde, el medio acuoso se mantiene obligatoriamente con un pH mayor a 9.5 para evitar la contaminación de otras microalgas (Jiménez et al.2003), este factor se eleva al disminuir la concentración de CO<sub>2</sub> por ser asimilado por las microalgas.

Una característica relevante durante la captación de nutrientes y fijación fotosintética de CO<sub>2</sub> en el cultivo de microalgas, es que el proceso tiende a inducir un aumento en el pH del medio (Franchino et al. 2013), donde a valores alcalinos se ha indicado la mayor actividad fotosintética (Andrade & Costa 2007).

## 11. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

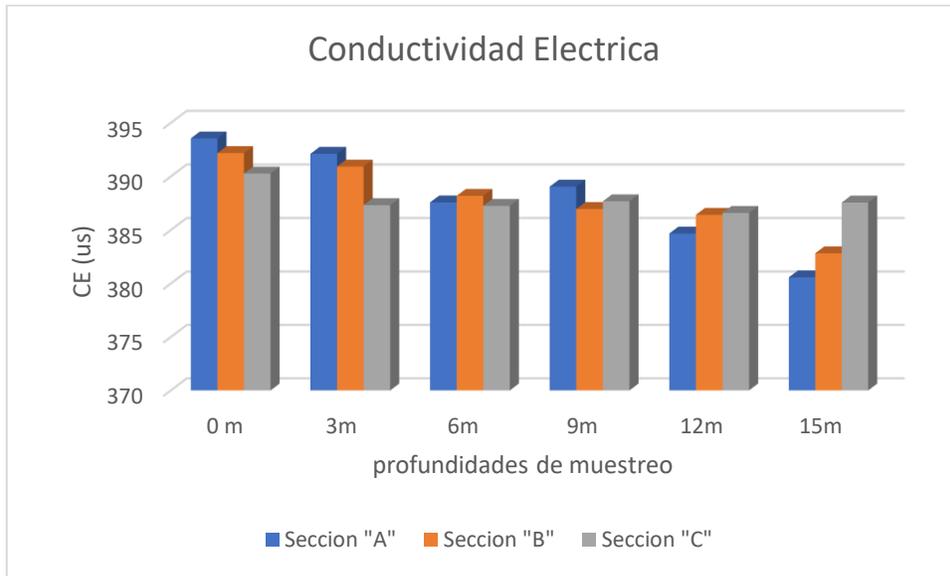


Figura 6. Puntos elegidos conforme a la conductividad eléctrica

En la zona superficial se presentan valores de conductividad bajos, debido a que la temperatura en la zona se presenta temperaturas bajas.

La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua. Como la contribución de cada especie iónica a la conductividad es diferente, su medida da un valor que no está relacionado de manera sencilla con el número total de iones en solución. Depende también de la temperatura mientras más alta la temperatura, más alta sería la conductividad eléctrica.

La Conductividad eléctrica del agua aumenta en un 2-3% para un aumento de 1 grado Celsius de la temperatura del agua. Muchos medidores CE que existen en el mercado normalizan automáticamente las lecturas a 25°C.

## 12. OXIGENO DISUELTO

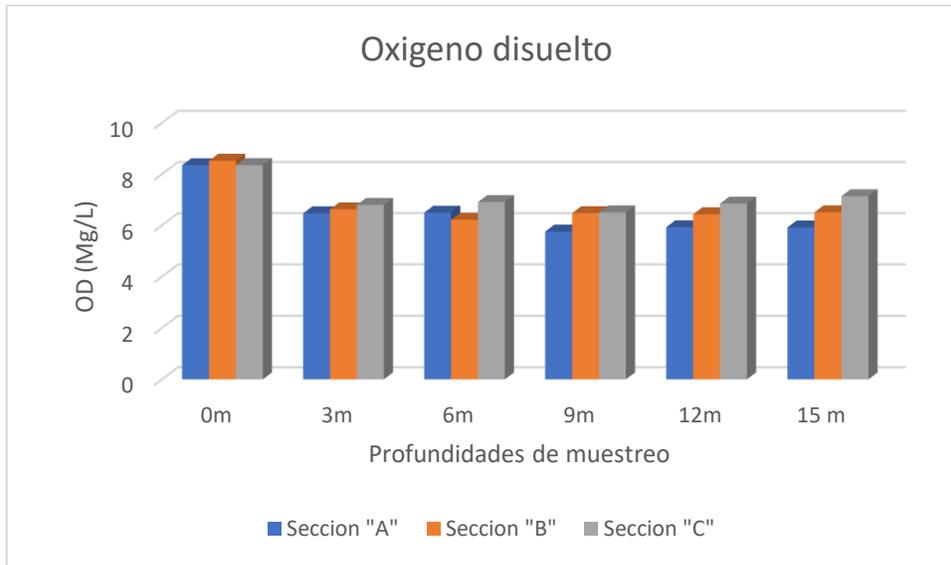


Figura 7. Puntos elegidos conforme a oxígeno disuelto

En la superficie la concentración de oxígeno si corresponde a los valores establecidos en la bibliografía, mientras que en las profundidades (3, 6, 9,12m) la concentración de oxígeno no corresponde a los datos obtenidos en los valores establecidos

La concentración de oxígeno disuelto (DO) en un ambiente acuático es un indicador importante de la calidad del agua ambiental, el oxígeno disuelto es un parámetro fisicoquímico muy importante ya que determina las condiciones de existencia de condiciones aeróbicas o anaeróbicas en la laguna. Hay muchos factores que afectan la concentración del oxígeno disuelto en un ambiente acuático. Estos factores incluyen: temperatura, flujo de la corriente, presión del aire, plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividad humana.

La concentración (C) del oxígeno en agua depende, de la presión parcial (P) del oxígeno en la atmósfera y de la temperatura del agua., se deduce que la concentración del oxígeno en agua a 25°C es 8,32 mg/L Dado que la solubilidad de un gas en el agua disminuye con el aumento de temperatura, a 35°C la solubilidad del O<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O es 7,03 mg/L y a 0°C aumenta a 14,74 mg/L. Estos valores expresan

que la cantidad de oxígeno disuelto en agua es muy baja y que el aumento de temperatura incide fuertemente en su disminución.

### 13. TEMPERATURA

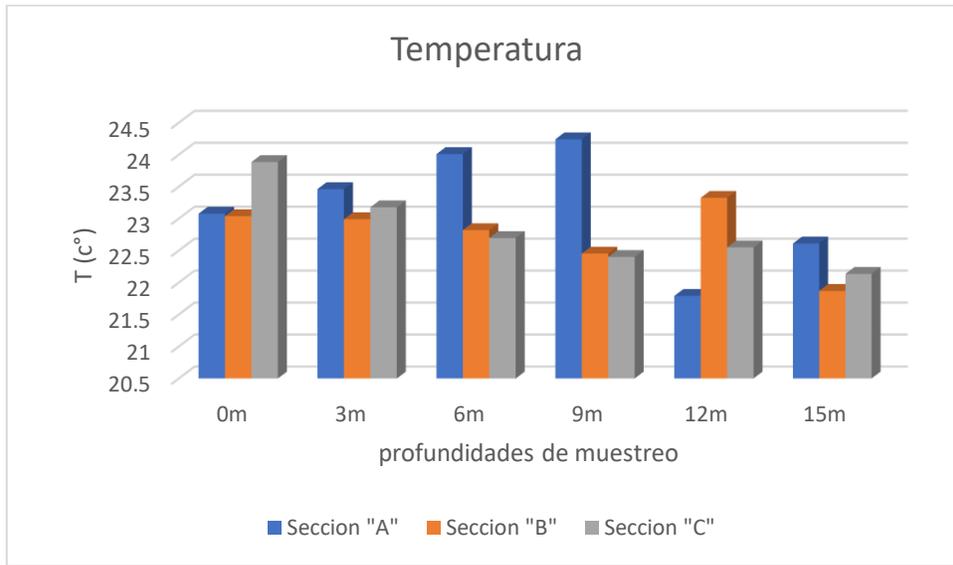


Figura 8. Puntos elegidos conforme a la temperatura

En la primera profundidad de 0m en la sección "C" se presenta un aumento de temperatura debido a que en esa zona se ha llevado a cabo la explotación de los recursos naturales por los habitantes de la comunidad.

En las profundidades 3, 6, 9 m en la sección "A" tiene un aumento de temperatura debido a que los rayos solares penetran directamente debido a que en esa no es tan profunda.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

La temperatura de las aguas superficiales está ligada a la absorción de radiación solar, en embalses y lagos profundos:

- ❖ El oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría.
- ❖ Un cambio brusco de temperatura puede conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática.

- ❖ Las temperaturas elevadas pueden dar lugar conducir a un aumento en la mortalidad de la vida acuática.
- ❖ La temperatura óptima para el desarrollo de las actividades se detienen cuando se alcanza los 50°C a temperaturas de alrededor de 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad.

## 14. TURBIDEZ

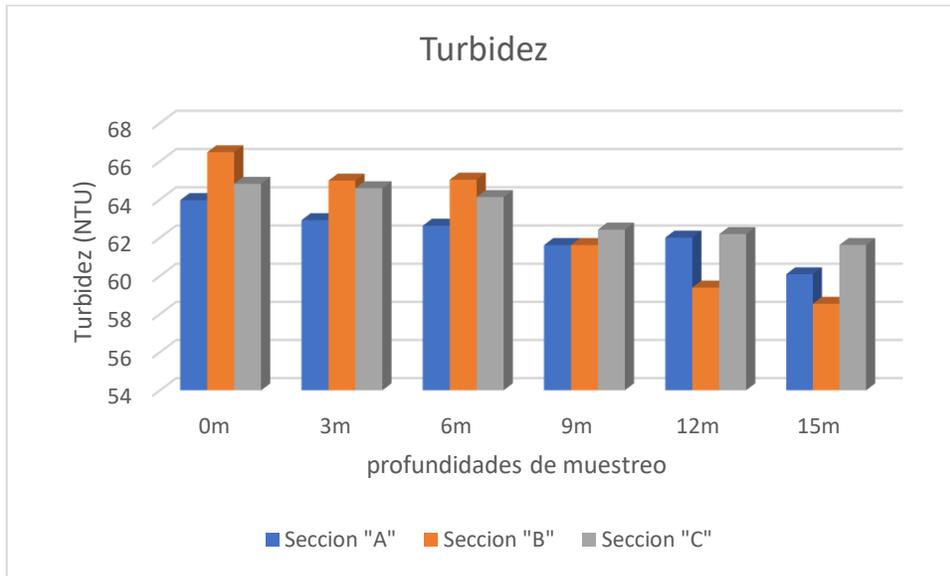


Figura 9. Puntos elegidos conforme a la turbidez

En el punto superficial en el centro de “La laguna” se presenta el mayor rango de turbidez debido a que los rayos del sol penetran con mayor intensidad debido a las partículas en suspensión, cuantos más sólidos haya en el agua, más sucia parece y el valor de turbidez es más alto.

Lo cual no permite el desarrollo de las plantas y animales acuáticos, la turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua, mientras más sucia parecerá que esta, más alta será la turbidez.

La turbidez puede impactar los ecosistemas acuáticos al:

Afectar la fotosíntesis (limita el paso de la luz solar y respiración), la reproducción acuática y la turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

## 15. CLOROFILA

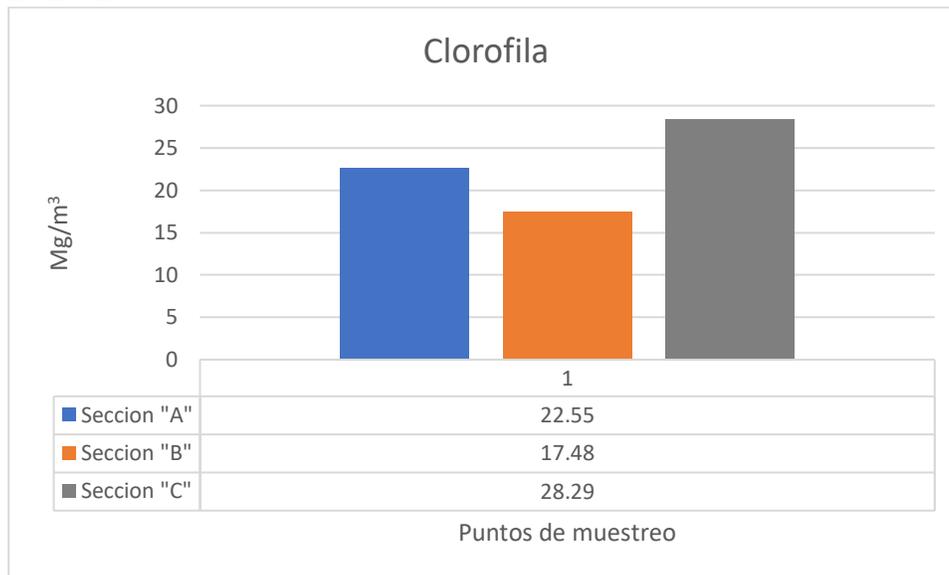


Figura 10. Puntos elegidos conforme a los puntos elegidos

En el punto 6 de muestreo se observa que en este punto se encuentra cerca donde están los comerciantes de la zona de la laguna lo cual este punto se ve afectado por las microalgas, desperdicios de alimentos lo cual refleja un alto índice de clorofila.

La eutrofización puede tener un origen natural, en especial en medios de baja renovación hidrodinámica. Desde entonces ha sido aceptado por la comunidad científica que el “grado eutrófico” de un cuerpo de agua se cuantifica como la concentración media anual de clorofila de ese ambiente (OCDE, 1982; Ryding & Rast, 1992). Fue Vollenweider (1976) el primer autor que propuso medir el grado de eutrofización de un ecosistema a partir de la concentración de clorofila, parámetro que a su vez está relacionado con el incremento en la concentración de nutrientes en el mismo.

Las principales fuentes antrópicas de nutrientes provienen de áreas urbanas que constituyen un aporte de aguas cloacales, la utilización de jabones y detergentes fosforados y, en zonas de intensa actividad agrícola, la utilización de fertilizantes.

16.

DQO

Y

DBO

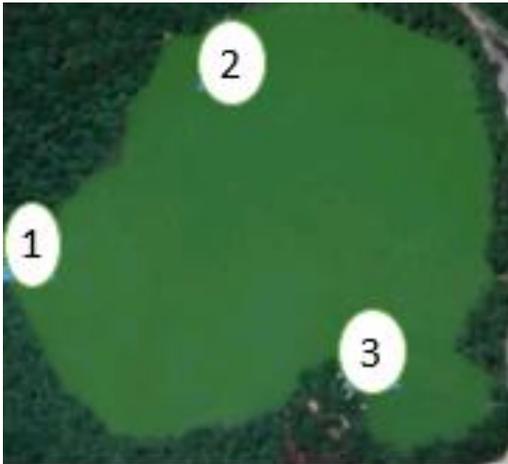
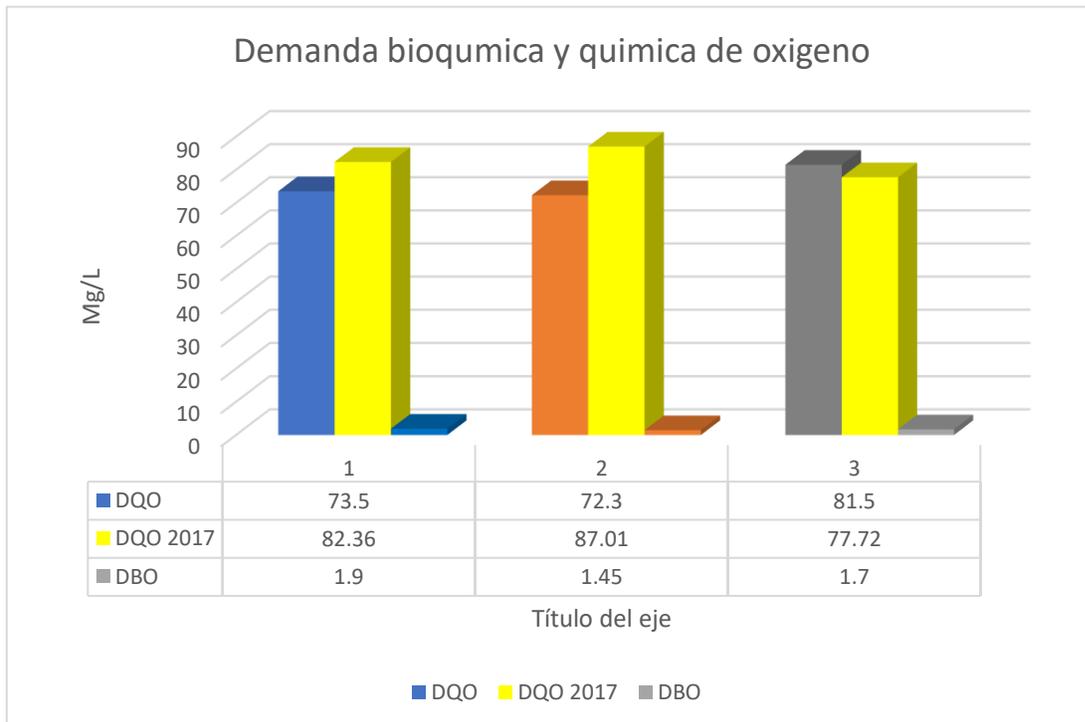


Figura 6. Puntos de referencia



Figura 7. Puntos de toma de muestra



En los valores obtenidos en el punto 5 la (DBO) se presenta un nivel más alto debido a que por la zona hay una descarga de una laguna aledaña lo cual implica que en la zona la cantidad de materia orgánica es mayor y también en esa zona se presenta la profundidad más alta de la laguna.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes.

Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como D.B.O<sub>5</sub>. (FERRERO, J.M., 1974).

En el 3 punto del muestreo se presenta la mayor cantidad (DQO) debido a que zona se encuentra el desemboque de la laguna y también presenta la 3 profundidad más honda de la laguna, en punto 6 presenta un aumento de la demanda química de oxígeno en comparación con los datos anteriores obtenidos de la bibliografía, lo cual nos indica que en esta zona se ve afectada debido a que están los comercios de los pobladores que contaminan la laguna arrojando detergentes y desperdicios de comida.

Demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/L y se emplea un oxidante (dicromato potásico) que se determina en tres horas y, en la mayoría de los casos, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales, el valor de la DQO es mayor que el de la DBO<sub>5</sub>.

El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO<sub>5</sub> porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente, y su contenido es de materia orgánica: es de carbohidratos, proteínas, grasas e inorgánico (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros).

## 19. Conclusiones y recomendaciones

A partir del trabajo realizado se puede llegar a la conclusión que la laguna aumentado su nivel de eutrofización, demostrado en los parámetros fisicoquímicos que se obtuvieron mediante los sensores. Ya que mediante este proceso de estudio nos brinda mejores datos de los parámetros para poder ser analizados.

En condiciones favorables de temperatura e intensidad lumínica, la excesiva aportación de nutrientes puede llegar a producir niveles de oxígeno y de turbidez en las aguas que impidan el desarrollo normal de los ecosistemas acuáticos, momento en el cual la eutrofización pasa de ser un proceso natural, a convertirse en un fenómeno antropogenico que puede afectar gravemente a la calidad de las aguas y a la biodiversidad. .

Del análisis del estado de conocimiento llevado a cabo, se han podido extraer las siguientes conclusiones:

- ❖ Existen pocos ejemplos de aplicación de modelos matemáticos complejos al estudio de la eutrofización en lagunas.

## 20. Bibliografía

Alcocer J. 2007. El agua epicontinental de México, México, Ciencia 58(3): 26-35.

Andrade MR & JAV Costa. 2007. Mixotrophic cultivation of microalga *Spirulina platensis* using molasses as organic substrate. Aquaculture 264: 130-134.

Carlson R.E. y Simpson J., "A coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods", North American Lake Management Society, Madison, Wisconsin (1996).

Cole T.M. y Wells S.A., "CE-QUAL-W2: A two-dimensional, laterally averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model", Version 3, Instruction Report EL-2000-, US Army Engineering and Research Development Center, Vicksburg, MS (2000).

Comisión Federal de Electricidad (CFE), 2012, Estudio para conocer la calidad de agua de las Lagunas de Montebello, Chiapas, Tomo I, Hidrometeorología, Reporte Técnico. 264 p.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (CONANPSEMARNAT), 2007, "Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Lagunas de Montebello, México", disponible en <[http://www.conanp.gob.mx/que\\_hacemos/pdf/programas\\_manejo/Final\\_Montebello.pdf](http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/Final_Montebello.pdf)>, consultado 18 de noviembre de 2015.

Espinasa-Pereña, R., 2007, El Karst de México. Mapa NA III 3, en Coll-Hurtado, A. (coord.), Nuevo Atlas Nacional de México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

FERRERO, J.M., 1974. *Depuración Biológica del agua*. De. Alhambra.

Ford, D.C., Williams, P.W., 1989, Karst Geomorphology and Hydrology: Unwin Hyman, London, UK 601 p.

Ford, D.C., Williams, P.W., 2007, Karst Hydrogeology and Geomorphology: John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, United Kingdom, 602 p.

Franchino M, E Comino, F Bona & VA Riggio. 2013. Growth of three microalgae strains and nutrient removal from an agro-zootechnical digestate. *Chemosphere* 92(6): 738-744

Hajda P. y Novotny V., "Modelling impact of urban and upstream nonpoint sources on eutrophication of the Milwaukee River", *Water Science and Technology*, Volume 33, Issues 4-5, 153-158 (1996).

Jiménez, C., Cossío, B. R. y Niell, F. X. 2003. Relationship between physicochemical variables and productivity in open ponds for the production of *Spirulina*: a predictive model of algal yield. *Aquaculture* 221: 331-345.

Kellershohn D.A. y Tsanis I.K., "3D Eutrophication Modeling of Hamilton Harbour: Analysis of Remedial Options", *Journal of Great Lakes Research*, Volume 25, Issue 1, 3-25 (1999).

Koné V., Machu E., Penven P., Andersen V., Garçon V., Fréon P., Demarcq H., "Modeling the primary and secondary productions of the southern Benguela upwelling system: A comparative study through two biogeochemical models", *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 19, GB4021, doi:10.1029/2004, GB002427 (2005).

Kuo J.T., Lung W.S., Yang C.P., Liu W.C., Yang M.D., Tang T.S., "Eutrophication modelling of reservoirs in Taiwan", *Environmental Modelling y Software*, 21, 829-844 (2006).

Liu W.C., Chen W.B., Kimura N., "Impact of phosphorus load reduction on water quality in a stratified reservoir-eutrophication modeling study", *Environ. Monit. Assess.*, 159, 393-406 (2009).

M. del coro Arizmendi.2002. Areas prioritarias para la conservación en mexico.

OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), "Eutrophication of waters - Monitoring assessment and control", Paris (1982).

Rivera D., "Modelación del oxígeno disuelto en lagos estratificados incorporando los efectos del viento", Informe de memoria de título para optar al título de Ingeniero

Civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción. Concepción (2002).

Ruiz, A. 2011. Puesta en marcha de un cultivo de microalgas para la eliminación de nutrientes de un agua residual urbana previamente tratada anaeróbicamente. Tesis M Sc. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia. 102p.

Ryding S.O. y Rast W., "El control de la eutrofización en lagos y pantanos", Ediciones Pirámide (UNESCO), Madrid (1992).

Stokes, T., Griffiths, P., Ramsey, C., 2010, Karst Geomorphology, Hydrology, and Management, en Pike, R.G., Redding, T.E., Moore, R.D., Winker, R.D., Bladon, K.D. (eds.), Compendium of forest hydrology and geomorphology in British Columbia. B.C, disponible en <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Lmh/Lmh66.htm>, consultado en 14 de noviembre de 2015.

Travers M., Shin Y.J., Jennings S., Machu E., Huggett J.A., Field J.G., Cury P.M., "Two-way coupling versus one-way forcing of plankton and fish models to predict ecosystem changes in the Benguela", *Ecological Modelling*, 220, 3089-3099 (2009).

Vollenweider R.A., "Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication", *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 33, 53-83 (1976).

Wetzel R. G. 2001. *Limnology: Lake and river ecosystems*. Academic Press. San Diego.