



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DEL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**ANÁLISIS DE NUTRIENTES EN MUESTRAS DE AGUA
DE LA LAGUNA, LA PRESA COLORINES, Y LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SUS
AFLUENTES EN VALLE DE BRAVO, MÉXICO.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Alvarado Reséndiz María Elena

Matrícula 2172033959

ASESORES

ASESOR EXTERNO:

CASTILLO SANDOVAL, FERMÍN SERGIO, INSTITUTO DE
CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA, UNAM

Cedula 10747250

ASESOR INTERNO:

MONROY DOSTA MARIA DEL CARMEN

UAM-X (28906)

México, CDMX

Septiembre, 2022

RESUMEN

El servicio social se llevó a cabo por actividades relacionadas con la profesión en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM, en el Laboratorio de Biogeoquímica Acuática, así como en el embalse Miguel Alemán de Valle de Bravo, México. El área de estudio presenta actualmente un fenómeno conocido como eutrofización. Este proyecto estudia los flujos de elementos biolimitantes en la cuenca de Valle de Bravo y su interacción con la productividad primaria; la importancia y estudio de los nutrientes en el embalse es fundamental para conocer el estado trófico del lago. Para este caso realice diferentes tipos de análisis desde la toma de muestras en campo, así como en el laboratorio donde se realizaron preparación de las muestras de agua para su posterior análisis, lo resultados obtenidos son importantes como caso de estudio de este año en particular donde se ha observado que el nivel de agua del embalse ha bajado a un poco menos del 50% del aforo con respecto a agosto 2021 y en cuanto a la calidad del agua, los niveles de nutriente se encuentran en un aparente aumento en el transcurso de los meses de marzo a junio 2022, por lo que se podría inferir que la eutrofización sigue en evolución.

Palabras clave: Valle de Bravo, nutrientes, lago, eutrofización

ÍNDICE

• Marco institucional del programa donde se insertan las actividades del servicio social.....	3
• Introducción.....	3
• Antecedentes del programa donde se realizaron las actividades del servicio social.....	4
• Ubicación geográfica donde se realizaron las actividades del servicio social.....	5
• Objetivo general.....	5
• Especificación y fundamento de las actividades desarrolladas de acuerdo con el calendario propuesto.....	5
<i>Preparación de material para campo</i>	
<i>Muestreo</i>	
<i>Clorofila</i>	
<i>Fitoplancton</i>	
<i>Oxígeno disuelto</i>	
<i>Laboratorio</i>	
• Resultados.....	7
• Impacto de las actividades del servicio social	10
• Aprendizaje y habilidades obtenidas durante el desarrollo del servicio social.....	10
• Fundamento de las actividades del servicio social.....	11
• Referencias.....	12

1. Marco Institucional:

El Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML) se crea el 7 de mayo de 1981 por acuerdo del Consejo Universitario y tiene su origen en investigaciones iniciadas en 1939, en el Instituto de Biología, bajo la dirección del Dr. Enrique Rioja Lo Bianco; actividades que se extendieron a los institutos de Geofísica y Geología en la década de los cincuenta. Entre 1963 y 1970 se empezaron a sentar las bases para el desarrollo institucional de las ciencias del mar y la limnología en la UNAM (icmyl.unam.mx).

La sede actual del ICML en Ciudad Universitaria fue construida para el Departamento de Ciencias del Mar y Limnología en el Instituto de Biología y terminada en 1972. A partir de la adquisición de los buques oceanográficos y del trabajo continuo en las tres sedes foráneas, originalmente estaciones de campo, se vio con la necesidad de contar con lugares para tránsito, almacenaje y distribución de equipo y refacciones de gran tamaño y volumen. Con la creación del CCML en 1973 la UNAM decidió establecer una política de investigación y educación superior en las ciencias del mar y la limnología. Con base en la experiencia adquirida en el proyecto de la UNAM en el año 1974 se amplió al ámbito nacional iniciando el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) el plan nacional para crear una infraestructura en ciencias y tecnologías del mar que abarcó varias instituciones del país y fue extendido con apoyo del PNUD UNESCO hasta el año 1981 (icmyl.unam.mx).

2. Introducción.

Valle de Bravo es un embalse tropical de gran altitud que provee cerca del 30% del agua que se consume en la zona metropolitana de la Ciudad de México a través del sistema Cutzamala. En los últimos años, el embalse ha sufrido un acentuado proceso de eutrofización debido a los aportes de drenajes locales y provenientes de la cuenca del río Amanalco, cuya manifestación principal ha sido la progresiva dominancia de cianobacterias (Olvera, 1996).

La eutrofización es el término empleado para describir los efectos biológicos de un incremento en la concentración de nutrientes, usualmente nitrógeno y fósforo. Consiste fundamentalmente en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes y materia orgánica que estimulan la actividad microbiana y el desarrollo de productores primarios, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica producida hace disminuir enormemente la concentración de oxígeno en las aguas profundas (Harper, 1992).

Una de las variables en los cuerpos de agua más importantes para la productividad acuática son los nutrientes, ya que estos determinan el nivel trófico en el que se encuentran los

ecosistemas acuáticos. Dentro de estos nutrientes los más importantes son: carbono, nitrógeno y fósforo. (Wetzel, G. 2001)

En los ecosistemas lacustres la abundancia del fitoplancton está relacionada a la concentración de nutrientes, es decir la cantidad de clorofila está dada por la concentración presente de fósforo, nitrógeno y en algunos casos de sílice. En un sistema acuático es importante que la dinámica de nutrientes de estos elementos en agua, sedimentos y biota logre un balance natural, ya que de esto depende la productividad de los cuerpos de agua (Vergara, 2006).

Tanto el nitrógeno como el fósforo son elementos indispensables para la formación de clorofila "a" en fitoplancton, así mismo la acumulación e incremento de las concentraciones de los nutrientes en agua y sedimentos provocan procesos de fertilización o enriquecimiento algal en los lagos oligotróficos (Vergara, 2006).

3• Antecedentes del programa o proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social.

Uno de los estudios que se han realizado en el lago de Valle de Bravo es el trabajo de Merino et al. (2007), pues de acuerdo a su trabajo *Physical and chemical limnology of a wind-swept tropical highland reservoir*. Analizan la estratificación a lo largo de un año con respecto al comportamiento de parámetros fisicoquímicos y algunas variables meteorológicas, observando la estratificación del epilimnion, metalimnion, e hipolimnion y su interacción con factores como el viento y la temperatura, y en que se menciona que, durante la estratificación, el hipolimnion era anóxico, mientras que toda la columna de agua permaneció subsaturada (60%) durante la mezcla. La eutrofización es un problema emergente en VB, donde pueden dominar las cianobacterias durante la estratificación. En VB, la clorofila a es baja durante la mezcla, y alta durante la estratificación.

Otro estudio que se llevó a cabo en el lago de Valle de Bravo es el de (Monroy, 2004) pues de acuerdo a su investigación, *hidrología del embalse de Valle de Bravo, México*. y de acuerdo a sus objetivos fue estudiar la dinámica hidrológica del embalse de Valle de Bravo, a través de las variaciones espaciotemporales de los principales descriptores hidrológicos, así como su influencia en la clorofila a en el sistema y su posible relación con la circulación de agua, también el estudio simultáneo de nutrientes inorgánicos, lo que nos permite tener conocimiento previo de cómo se comporta el embalse de acuerdo a diferentes variables de estudio.

4. Ubicación geográfica

El servicio social se llevó a cabo bajo la modalidad de actividades relacionadas con la profesión en el Laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMYL), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el cual se encuentra ubicado en Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510, CDMX.

5. Objetivo General

Analizar el contenido de nutrientes, (amonio, nitrato y fosfatos) y algunas variables fisicoquímicas en muestras de presa Valle de Bravo, presa Colorines, planta tratadora de aguas residuales (PTAR) y sus afluentes en Valle de Bravo, Estado de México.

6. Especificación y fundamento de las actividades desarrolladas de acuerdo con el calendario propuesto.

Preparación de material para campo

Para llevar a cabo esta investigación se realizaron seis muestreos. Por lo que una semana antes de cada salida a campo se preparó el material requerido que consistía en lavar y preparar 210 botellas para muestras de agua y 144 botellas DBO de 60 ml aproximadamente para determinar el oxígeno disuelto. Así mismo se preparaba la botella tipo Niskin, para la toma de muestras de agua a profundidad, la red de plancton para el arrastre vertical y horizontal en el lago para el análisis de fitoplancton, la Sonda multiparamétrica In-Situ Aqua TROLL 600 para medir los parámetros fisicoquímicos como pH, OD, %Sat, temperatura, presión, ORP y conductividad.

Muestreo

La toma de muestras de aguas es una faceta importante para considerar previa al análisis, pues de nada servirá realizar determinaciones analíticas muy precisas si las muestras que llegan al laboratorio no son representativas para los fines que se realiza el análisis.

Se tomaron muestras de agua ocupando botellas de 60 ml de polipropileno en los afluentes, la planta tratadora de aguas residuales y el lago, solo en este último se tomaron los parámetros fisicoquímicos (pH, OD, %Sat OD, temperatura, presión, ORP y conductividad), utilizando la Sonda multiparamétrica In-Situ Aqua TROLL 600. También se determinó la transparencia con el disco de Secchi y se midió la fuerza y dirección del viento. Cabe mencionar que las muestras de agua del lago se tomaron a diferentes profundidades: superficie, 1m, 2m, 4m, 6m, 8m, 12,

16m, y Fondo, y se tomaron muestras por la mañana antes del viento y por la tarde después que empieza el viento.

El método para la recolección de agua consistió en muestras para *nutrientes* en la que el agua se filtró con un filtro Millipore de 0.22 μ y se le agregó una gota de cloroformo como conservador, para las fracciones se procedió para totales tomar la muestra directa en el bote, mientras que para los disueltos se ocupó filtro Millipore de 0.22 μ recuperando el filtrado en el bote y para los particulados se ocupó un filtro de fibra de vidrio Whatman GF/F filtrando 10 ml de muestra y recuperando el filtro en un bote.

CLOROFILA

Para la determinación de la clorofila *a* se tomaron muestras de agua del lago de dos formas para tener mejor interpretación de su distribución en primera en superficie y 1m donde se procedió a filtrar el mayor volumen para tener mejor resolución en la extracción y la segunda se realizó un integrado de las profundidades de 1,2,4,6 y 8m que es lo que se considera como epilimnion y posterior 12, 16 y fondo lo que se considera el hipolimnion. Las muestras de estos filtrados a través de filtros Millipore de 0.45 μ se guardaron en tubo de centrifuga cónicos y se taparon con el papel aluminio para evitar la degradación de los pigmentos por efecto de la luz. Su posterior análisis se realizó utilizando el método espectrofotométrico para determinar la clorofila de S.W. Jeffrey y G.F. (Humphrey,1975). Los resultados de la clorofila se pueden ver en la Grafica 5. Es importante conocer este dato, pues en los medios acuáticos, la medida de la clorofila *a* se puede utilizar como indicador de la biomasa fitoplanctónica, ya que representa el pigmento indispensable para el proceso de fotosíntesis de todos los organismos autótrofos, lo que también permite conocer el estado trófico del agua. (Gebbia, 2021).

FITOPLANCTON

Se tomaron muestras de agua que se guardaron en botellas de pet para muestras de fitoplancton, y se le agregó aproximadamente 20 gotas de lugol, esto con el fin de fijar las muestras, evitar el enquistamiento de los organismos y que fueran visibles al microscopio para su posterior identificación, para este proceso solo se guardaron muestras de superficie, 1m, 4m, y 8m respectivamente. Por otra parte, se llevó a cabo el arrastre vertical y horizontal para la determinación de fitoplancton, es importante ya que es sabido que un incremento en la biomasa fitoplanctónica es consecuencia de un aumento en la disponibilidad de nutrientes (Monroy, 2004).

OXÍGENO DISUELTO

Se determinó el oxígeno disuelto basado en Grasshoff, K. 1983 el método de Micro-Winkler. Con este se procedió a realizar el método de la botella clara y oscura propuesto por Gardner y Grann, 1927, para poder estimar la productividad primaria, este se basa en la producción de oxígeno en una muestra de agua incubada bajo sus condiciones ambientales por un determinado periodo de tiempo; se realizaron muestras de agua de superficie, 1m, 2m, 4m, 6m, 8m, 12m y Fondo respectivamente, cabe mencionar que los niveles de oxígeno disuelto varían también con la temperatura y con la altitud a la que se encuentre el cuerpo de agua. (Ortiz, 2015)

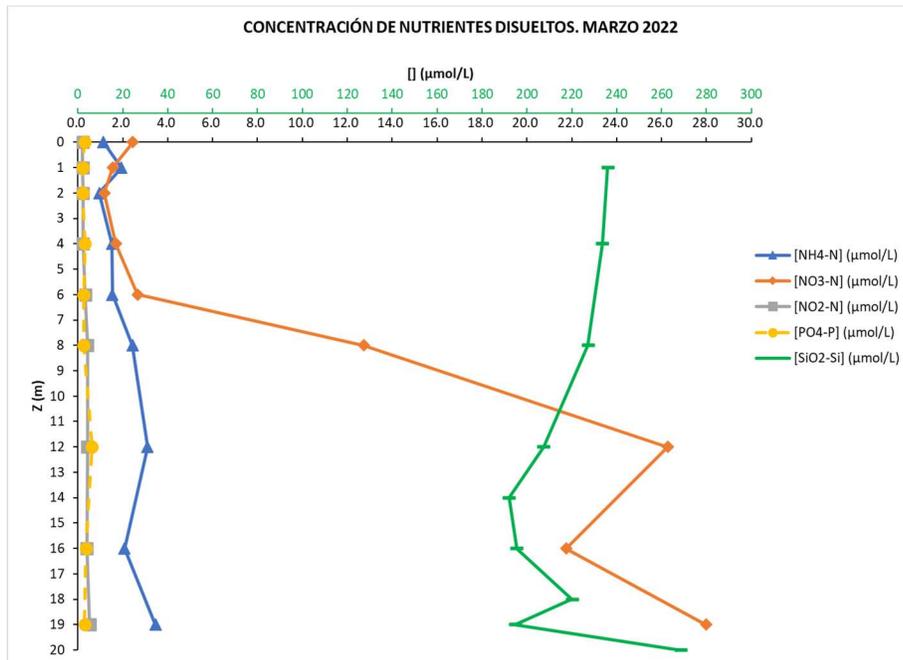
En esta primera parte del método solo se procede a fijar las muestras iniciales, así como las que se incubaron guardándolas en la oscuridad para su transportación al laboratorio.

EN LABORATORIO

Las muestras de agua cuando llegan a laboratorio se separan en bloques correspondientes a nutrientes y fracciones, para esto las muestras de nutrientes se trabajan en original o en alguna dilución si es que así se necesita y para las fracciones (Totales, Disueltos y Particulados) se necesita aforar a un volumen determinado porque a estos se le adiciona un oxidante para meterlas a la autoclave a 120° por 30 minutos, después de este paso se procede a realizar la determinación de nitrógeno (NO_3) y Fósforo (PO_4). Las muestras fueron analizadas en el autoanalizador de flujo segmentado SKALAR modelo *San Plus System* de cinco canales, este sistema permite determinar las especies nitrogenadas de nitrógeno como amonio ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), nitrógeno como nitrato ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) y nitrógeno como nitrito ($\text{NO}_2^-\text{-N}$), de fósforo reactivo soluble (PRS, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) y Silicato reactivo soluble (SiRS, $\text{SiO}_2\text{-Si}$). Los resultados de la concentración de nutrientes en el mes de marzo se encuentran en la *gráfica 1*, los resultados del mes de abril se encuentran en la *gráfica 2*, en la *gráfica 3* se encuentran las concentraciones de nutrientes del mes de mayo y del mes de junio los resultados se encuentran en la *gráfica 4*.

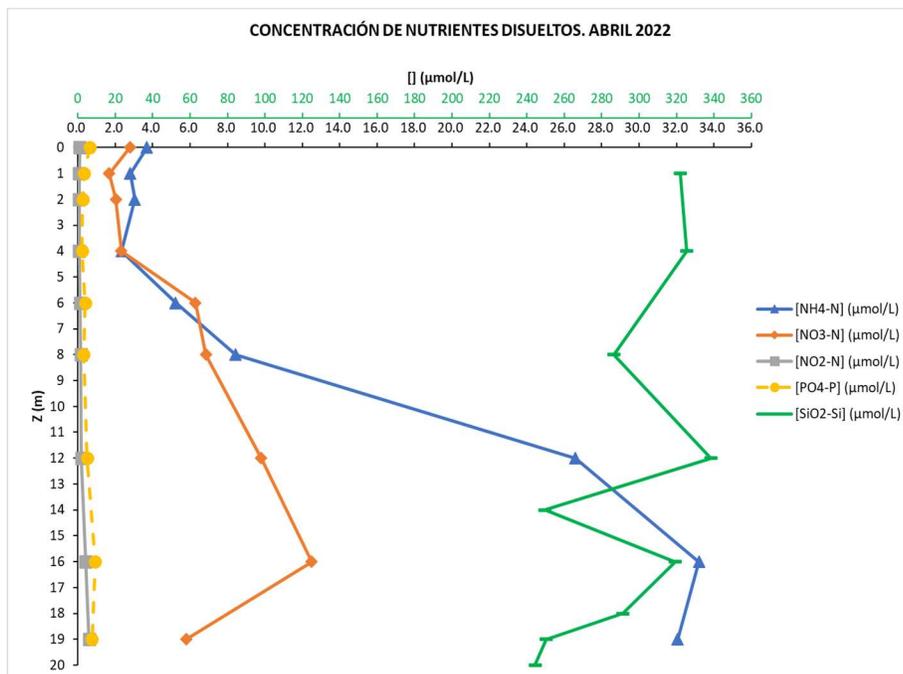
Resultados

A continuación, se muestran los resultados de los nitritos y nitratos respecto a las diferentes profundidades que se manejaron en el embalse de Valle de Bravo, durante el periodo de 4 meses, las unidades se manejan en $\mu\text{M/L}$.



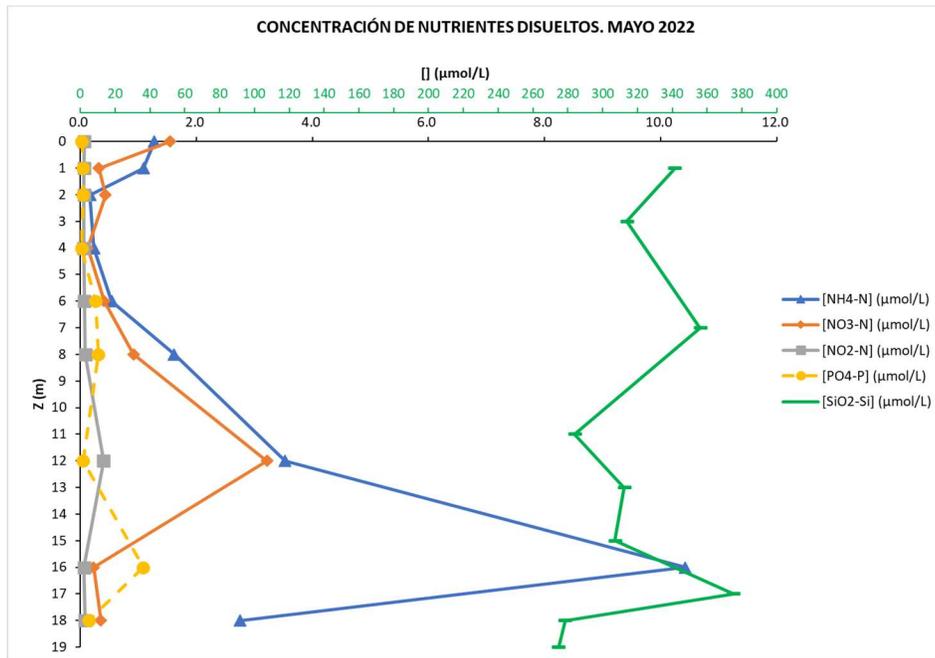
Gráfica 1

La concentración más alta con respecto al mes de marzo es de NO3-N con un valor de 27.98 μM/L en promedio total con respecto a la profundidad más baja 19m, mientras que NO3-N Y PO4-P se mantienen en un rango con valores de 0 a 4μM.



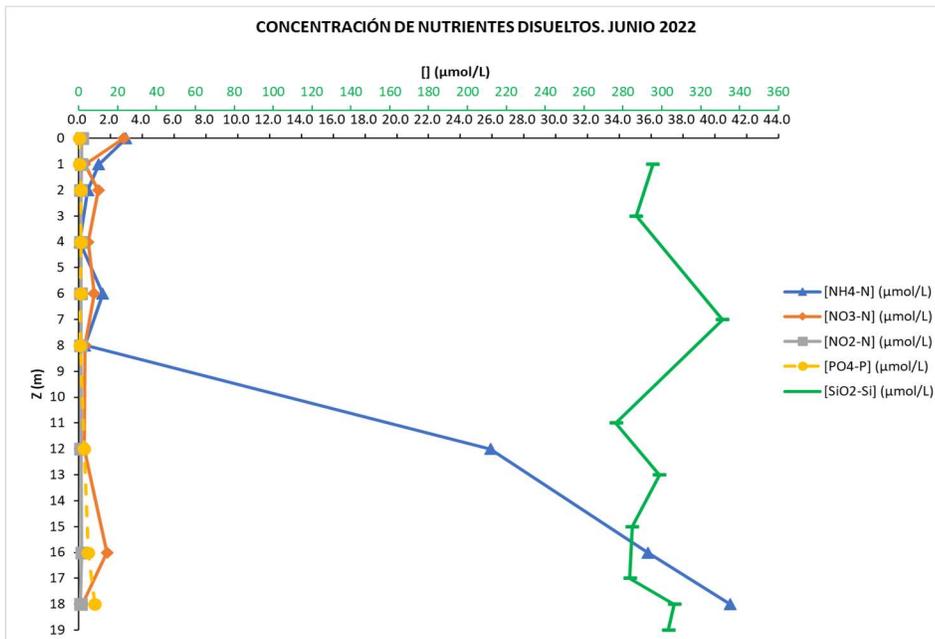
Gráfica 2

La concentración más alta con respecto al mes de abril es de NH4-N con un valor de 33.20 μM/L en promedio total con respecto a la profundidad de 16m, mientras que NO3-N Y PO4-P se mantienen en un rango con valores de 0 a 13μM.



Gráfica 3

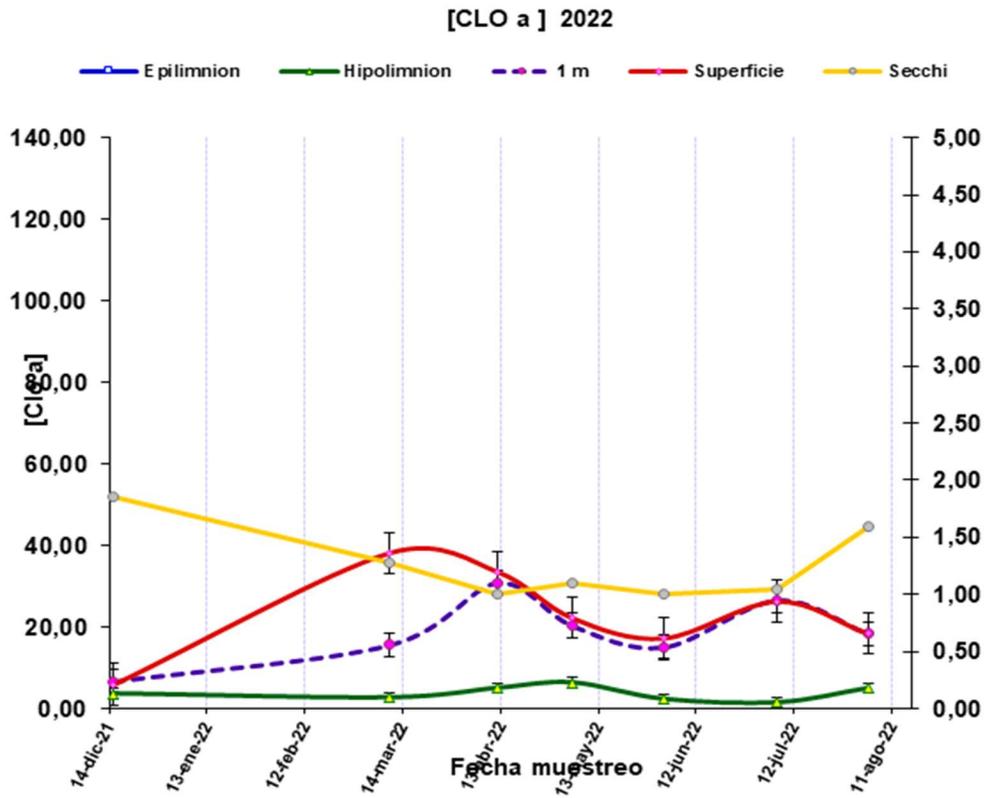
El concentración más alta respecto al mes de mayo fue de NH4-N con un valor de 33.20 μM en promedio total con respecto a la profundidad de 16m, mientras que NO3-N Y PO4-P se mantienen en un rango con valores de 0 a 3.22μM.



Gráfica 4

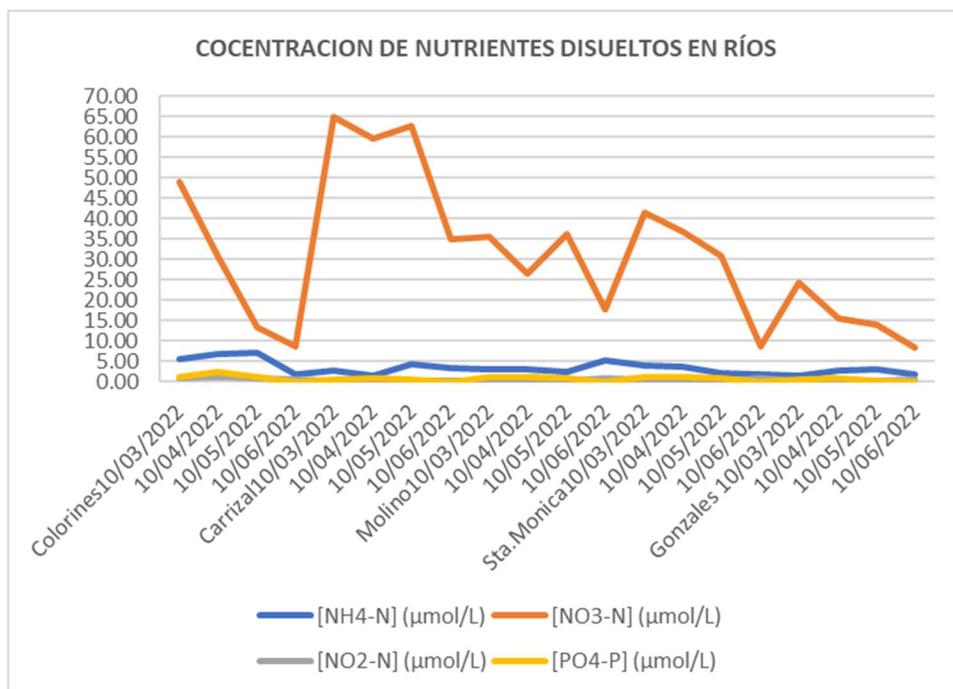
La concentración más alta con respecto al mes de junio es de NH4-N con un valor de 40.98 μM en promedio total con respecto a la profundidad más baja de 18m, mientras que NO3-N Y PO4-P se mantienen en un rango con valores de 0 a 2μM

En la siguiente gráfica se muestran datos de la clorofila a con datos de diciembre 2021 a agosto 2022 y los resultados obtenidos a distintas profundidades.



Gráfica 5

Las unidades de clorofila se encuentran en Mg/L



Gráfica 6

En la gráfica anterior se representan los datos de NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N Y PO₄-P de cada uno de los 5 Ríos en que se tomó la muestra (Colorines, Carrizal, Molino, Santa Mónica, y Gonzales) con respecto a los meses de marzo a junio.

• **7 Impacto de las actividades del servicio social en programa o proyecto de adscripción.**

Los resultados del servicio social contribuyen al conocimiento científico sobre el origen y presencia de componentes químicos en los sistemas acuáticos, lo que permite entender el funcionamiento de los ecosistemas y evaluar el impacto de las actividades humanas en los mismos. El conocimiento generado permitirá desarrollar investigaciones que contribuyan a generar proyectos que impacten en el mejoramiento de los sistemas limnológicos y a la concientización ambiental evitando daños graves como la eutrofización y de esta manera contribuir al mejoramiento de los sistemas acuáticos, socialmente tendrá un impacto benéfico para la población, ya que si se llevan a cabo este tipo de proyectos para el mejoramiento de la calidad del agua aportarían agua de calidad para el uso humano, puede impactar también de manera económica si se llevan a cabo proyectos como las plantas tratadoras de aguas residuales y evitando gastos mayores a futuro.

• **8 Aprendizaje y habilidades obtenidas durante el desarrollo del servicio social.**

Durante mi participación en el proyecto adquirí conocimientos, habilidades y técnicas para el monitoreo de calidad y nutrientes en sistemas limnológicos, si bien durante mi formación

académica en la UAM conocí algunas técnicas, ponerlas en práctica en la zona de estudio me permitió ampliar mis conocimientos y mejorar mi habilidad en dichas técnicas. Por otra parte, adquirí conocimientos acerca del impacto ambiental que se genera en el lago de valle de bravo respecto a la carga de nutrientes que se encuentran y además comprender la relación de la clorofila, los nutrientes y oxígeno disuelto para comprender el estado de salud del lago.

9. Fundamento de las actividades del servicio social.

El proceso de eutroficación en lagos y embalses en nuestro país disminuye la calidad del agua, limitando o impidiendo sus usos. El agua de la presa Valle de Bravo presenta actualmente un fenómeno conocido como eutrofización, en el cual las aguas producen nutrientes a un ritmo tan acelerado que no puede ser compensado por la mineralización total. Este proceso provoca florecimientos periódicos de algas y cianobacterias que enturbian el agua, aumentan los costos de potabilización del agua y en ocasiones la calidad del agua ha llegado a tan bajos niveles que se ha tenido que limitar su uso, por lo que el monitoreo de nutrientes en el Lago y la presa Colorines de Valle de Bravo es fundamental para determinar el grado de contaminación en el agua de tipo antropogénico, pero sobre todo de desarrollar las estrategias de mitigación, una de estas estrategias que se lleva a cabo es la planta tratadora de aguas residuales (PTAR), ya que con base en nuevos procedimientos elimina fósforo y nitrógeno, lo que evita la generación de algas y bacterias (CONAGUA 2013); por lo que es importante analizar la concentración de nitrógeno y fósforo de la PTAR y sus afluentes; en ese sentido las investigaciones científicas son necesarias para contribuir al conocimiento de los procesos biogeoquímicos de los ambientes acuáticos y que la población de valle de bravo tenga acceso al agua de calidad de las presas, por lo que la participación de los servidores sociales de instituciones académicas se muestra necesario, al poner en práctica los conocimientos adquiridos durante su formación académica pero también les permitirá adquirir nuevos conocimientos, herramientas y habilidades para su futuro profesional, cumpliendo así con la Misión de la Licenciatura en Biología de la UAM-X, que es: formar biólogos cuyas habilidades, competencias y conocimientos les permitan participar en el diagnóstico, gestión y planeación del uso, conservación y restauración de los recursos naturales. (UAM,2016).

Referencias

- El instituto ICML.* (2019). Recuperado el 17 de Mayo de 2022, de El instituto ICML: icmyl.unam.mx
- El Instituto ICML.* (2019). Recuperado el 17 de Mayo de 2022, de Química acuática: icmyl.unam.mx
- G, W. (2001). *Limnology Lake and River Ecosystems.* (1006).
- Gaitán María, S. (2004). Determinación de oxígeno disuelto por el metodo yodometrico, modificación de azida.
- Gebbia, R. (2021). Caracterización de las concentraciones de clorofila a en un gradiente de productividad en aguas canarias.
- Harper, D. (1992). *Eutrophication of freshwaters.* Chapman & Hall, UK.
- Jeffrey, S. y. (1975). New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 y c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton.
- Jesus, O. M. (2015). Tratamientos avanzados de agua potable para eliminación de materia orgánica disuelta: aplicación del BAC.
- K, G. (1983). *Methods of seawater analysis.* Verlag Chemie .
- Merino Ibarra, M. &. (2008). Physical and chemical limnology of a wind-swept tropical highland reservoir. *Aquatic Ecology.* (42).
- Olvera, V. (1996). Limnología y manejo de la cuenca de la presa Valle de Bravo.
- Pro-Cuenca Valle de Bravo, A. (2015). Calidad de Agua en la Presa de Valle de Bravo. (8).
- Q, M. R. (2004). Hidrología del embalse de Valle de Bravo.
- Vergara, Y. d. (2006). Evaluación de la dinámica de nutrientes del lago de Zirahuen Michoacan.