

INTRODUCCION

El informe final es el documento en el cual los estudiantes que se hallan realizando EDC (Experiencias Docentes en La Comunidad) describen cuales y cuantas fueron sus actividades realizadas durante el desarrollo de la práctica.

En el proceso de formación de estudiantes de Biología el EDC se convierte en un mecanismo de interacción entre el estudiante y las entidades vinculadas.

Para ello se impulso en convenio entre el MARN-USAC/CCQQFAR para que el estudiante pueda desarrollar a través de la práctica los conocimientos adquiridos durante la formación.

A continuación se describen las actividades que fueron impulsadas en el la Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales - MARN-.

CUADRO RESUMEN

Programa Universitario	Titulo de la Actividad	Fecha de la actividad	Actividad Planificada/ Actividad No Planificada	Horas ejecutadas
A. Servicio	Apoyo en los monitoreos que se realizan a entes generadores	7 de Enero a 31 de Enero	Actividad Planificada	76 h.
	Manejo de la información para la base de datos de Conservación del ambiente hídrico en el área Metropolitana	Febrero a Mayo	Actividad Planificada	112 h.
	Manejo y Control del sistema de información sobre plantas de tratamiento de aguas residuales	31 de Marzo a 28 de Mayo	No planificada	108 h.
	Seguimiento al proyecto de registro de laboratorios ambientales DR-CAFTA	Abril	No planificada	56 h.

	Apoyo en el herbario BIGU	2 de Julio a 21 de Julio	Planificada	40 h
B. Docencia	“Asistencia a las conferencias sobre soluciones validadas para el Análisis diario de diferentes tipos de agua.	25 de febrero	No planificada	4 h.
	Capacitación acerca del sistema de consulta de plantas de tratamiento de aguas residuales.	4 de abril	No planificada	2 h.
	Impartición del sistema de consulta de plantas de tratamiento de aguas residuales.	11 de abril	No Planificada	2 h.
	Capacitación acerca de los entes generadores de aguas residuales en el área metropolitana	14 de abril	No planificada	2 h
	Capacitación en el taller “Caudales Ambientales	15 de julio	Planificada	10 h.
	Platicas de Educación ambiental a Colegio Viena Guatemalteco y al Instituto Austriaco Guatemalteco. “El Recurso Hídrico en el Área Metropolitana	4 de Agosto a 1 de Septiembre	Planificada	105 h.

C. Investigación	“Comparación de la abundancia de Cianobacterias indicadoras de Contaminación en el lago de Amatitlán en la época de estiaje y época lluviosa 2008”	22 de Abril al 18 de Septiembre. ¹	Planificada	394 h.
------------------	--	---	-------------	--------

ACTIVIDADES DE SERVICIO

No. 1

Título: Apoyo Eventual en los monitoreos que se realizan a las aguas residuales de los entes generadores en Guatemala.

Objetivos: Establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y rehusó de las aguas residuales, así como para la disposición de los lodos.

Procedimiento: Toma de muestra simple o compuesta (depende de la actividad propia del ente generador) Los análisis correspondientes a las muestras son realizados en el laboratorio Nacional de Salud, -LNS-

Resultado: Esta fase ya fue completada satisfactoriamente durante el mes de Enero.

Limitación encontrada: No se hallo complicación alguna.

No.2

Título: Manejo de la información para la base de datos de Conservación del ambiente hídrico en el área Metropolitana.

Objetivos: Actualizar la información en la base de datos de los monitoreos de aguas residuales de los entes generadores.

Procedimiento: Tomar los resultados obtenidos de los análisis de aguas residuales y digitalizarlos.

¹ La toma de muestras fue realizada cada 15 días, es decir dos veces al mes, los días jueves y viernes.

Resultado: La información se halla actualizada

Limitaciones: No se halló ninguna limitación.

No. 3

Título: Manejo y Control del sistema de información de plantas de tratamiento de aguas residuales

Objetivo: Actualizar y dar seguimiento a la información del sistema

Resultado: La información ya esta disponible y colgada en la sección de información ambiental en la pagina web del MARN (<http://www.sia.marn.gob.gt>)

Limitaciones: El proceso burocrático para obtener los datos de las sedes regionales del MARN.

No. 4

Título: Seguimiento al proyecto de registro de laboratorios ambientales DR-CAFTA CCAD.

Objetivo: Dar seguimiento a la información de los laboratorios que prestan análisis de calidad de agua en Guatemala.

Limitaciones: No se encontró ninguna dificultad.

ACTIVIDADES DE DOCENCIA

No. 1

Título: Conferencia sobre las soluciones validadas para le análisis diario de diferentes tipos de agua. Impartido por la Doctora Claudia Born. Merck, Alemania.

Objetivo: Recopilar información acerca de nuevos productos y metodologías de análisis que puedan ser utilizados por los laboratorios móviles.

Procedimiento: Asistir a la conferencia y toma de notas.

No. 2

Título: Capacitación acerca del sistema de consulta de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Objetivo: Capacitar a las personas que un futuro tendrán a su cargo el ingreso de información a esta base de datos.

Procedimiento: Se recibió la capacitación y se realizó un ensayo acerca de la metodología para el ingreso de los datos.

Resultado: Fui instruido para manejar los datos.

Limitación: No se presentó ninguna limitante.

No. 3

Título: Impartición del taller del sistema de Consulta de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Objetivo: Instruir a los delegados (nuevos y antiguos) de este sistema de información ambiental disponible desde internet.

Procedimiento: Se dio una conferencia magistral a los delegados.

Resultado: Se capacitó a los nuevos usuarios (delegados) para el ingreso de información.

Limitación: No se presentó ninguna limitante, fueron muy abiertos al tema por lo tanto mostraron mucho interés.

No.4

Título: Capacitación acerca de los entes generadores de aguas residuales en el área metropolitana de Guatemala.

Objetivo: Capacitar a las personas que en un futuro tendrán a su cargo el mantenimiento de la base de datos

Procedimiento: Recibir la capacitación.

Resultado: Fui instruido para el manejo de esa información

Limitante: No se halló ninguna.

No. 5

Título: Capacitación en el taller Caudales Ambientales.

Objetivo: Informar a personas interesadas acerca de este nuevo modelo de gestión integrada de recursos hídricos.

Procedimiento: Asistir a la conferencia.

Resultado: Fui instruido acerca de esta nueva metodología en la gestión de recursos hídricos

Limitante: No se halló ninguna limitante.

No.6

Título: Platicas de Educación ambiental a Colegio Viena Guatemalteco y al Instituto Austriaco Guatemalteco. “El Recurso Hídrico en el Área Metropolitana”

Objetivo: Dar educación a niños y jóvenes.

Resultado: Abrir los ojos a la realidad que presenta el Recurso hídrico en Guatemala

Procedimiento: Dar las conferencias con ayuda audiovisual

Limitante: El poco interés de muy pocas personas hacia el tema.

ACTIVIDAD DE INVESTIGACION

“Comparación de la abundancia de cianobacterias indicadoras de contaminación en el lago de Amatitlán en época de estiaje (época seca) y época lluviosa”

RESUMEN

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para la vida. Su manejo requiere mantener un balance delicado, ya que tiene muchos usos, todos importantes pero casi siempre en conflicto.

Especies indicadoras son aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Estas tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies.

Las cianobacterias, son importantes indicadores de agua en proceso de eutrofización (Mariano, 1999), ya que estas indican si existe contaminación; en este caso fueron utilizadas los géneros siguientes: *Mycrocistis sp*, *Anabaena sp*, *Melosira sp* y *Oscillatoria sp*.

El estudio fue realizado en los meses de Abril a Junio (época seca o de estiaje) y los meses de Julio a Septiembre (época lluviosa)

Los conteos fueron realizados con ayuda de una cámara especial llamada: “Sedgewick Rafter”, la cual posee una cuadrícula milimétrica que facilita en gran manera los conteos.

Las muestras de agua analizadas fueron tomadas cada 15 días, a cada muestra de agua se le extrajo 1mL para realizar el conteo respectivo, utilizando la siguiente ecuación:

$$x = \frac{\text{columna a} + \text{columna b} + \text{columna c}}{150} \times 1000$$

Donde la suma de las columnas contadas es dividida entre 150 (cada columna que se cuenta posee 50 cuadros de conteo), luego es multiplicada por 1000 para obtener el valor proporcional de un litro de agua, para evitar errores de tipo estadístico, este proceso se realizó 3 veces a cada muestra, y el promedio de estas fue utilizado como resultado final.

La hipótesis planteada fue que los conteos de cianobacterias serían menores en los meses de la época de Estiaje en comparación con los conteos en los meses de la época lluviosa.

En análisis de Varianza -ANDEVA-, da un valor de $p=0.1036$; dicho resultado arroja que no existió diferencia significativa entre los datos, por lo cual la hipótesis queda

anulada, aunque al graficar los resultados se puede observar el descenso en los conteos en la época de estiaje.

La recomendación principal es que se sigan realizando estudios de este tipo hasta encontrar que haya diferencia significativa en los resultados ($p < 0.05$) ya que esto reflejara que las condiciones del lago que experimenta el lago varían de acuerdo a la época de estudio.

INTRODUCCION

Los indicadores biológicos son atributos de los sistemas biológicos que se emplean para determinar factores de su ambiente. Inicialmente, se utilizaron especies o asociaciones de éstas como indicadores y, posteriormente, comenzaron a emplearse también atributos correspondientes a otros niveles de organización del *ecosistema*, como poblaciones, comunidades, etc., lo que resultó particularmente útil en estudios de *contaminación*.

Las especies indicadoras son aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Las especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies. A cada especie o población le corresponden determinados límites de estas condiciones ambientales entre las cuales los organismos pueden sobrevivir (límites máximos), crecer (intermedios) y reproducirse (límites más estrechos).

En general, cuando más estenoica sea la especie en cuestión, es decir, cuando más estrechos sean sus límites de tolerancia, mayor será su utilidad como indicador ecológico. Las especies bioindicadoras deben ser, en general, abundantes, muy sensibles al medio de vida, fáciles y rápidas de identificar, bien estudiadas en su ecología y ciclo biológico, y con poca movilidad. (Puig A, 2000).

Las cianobacterias son organismos microscópicos acuáticos capaces de indicar la calidad del agua gracias a su sensibilidad a los cambios del medio en que viven, por tanto se convierten en un referente del estado ecológico de cualquier sistema acuático. (Luján A, 2000).

En esta investigación se realizó una comparación de la abundancia de géneros de cianobacterias en el Lago de Amatitlán, Guatemala y a su vez se comparará entre los diferentes puntos de muestreo.

Los resultados encontrados serán utilizados para comparar en años venideros la mejora o bien o la desmejora en cuanto a la calidad del agua del lago de Amatitlán.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las cianobacterias son importantes indicadores de agua en proceso de eutrofización (Mariano, 1999), estos indican si existe contaminación por desechos orgánicos.

La afirmación anterior sugiere que pueden ser utilizados para monitorear el estado de contaminación del lago de Amatitlán durante un periodo de 6 meses.

JUSTIFICACION

Las causas del proceso de degradación del lago de Amatitlán son tanto industriales, como demográficas y geográficas. Una de ellas es el llamado azolvamiento, ocasionado por la erosión y que provoca una pérdida en la capacidad de retención del agua; del mismo modo, cada año aumenta la eutrofización. (Reyna E, 1997)

Aunque los florecimientos de cianobacterias usualmente no poseen un riesgo directo sobre la salud, ciertas especies producen endo o exo-toxinas que pueden tener efectos directos e indirectos sobre la salud humana y algunas de estas toxinas pueden entrañar peligro para la vida acuática (Prosperi, 2000).

Aunque la exposición crónica a microcistinas (toxinas producidas principalmente por *Mycrocistis aeruginosa*) no ha sido estudiada ampliamente, se puede hipotetizar que estas exposiciones en poblaciones naturales de peces pueden dejar severas necrosis de hepatocitos, pérdida de la funcionalidad hepática y quizás promover tumores hepáticos o muerte. (Prosperi, 2000)

Existe poca información acerca de este lago, he aquí el valor de esta investigación, brindar nueva información acerca de la salud de este cuerpo de agua.

REFERENTE TEÓRICO

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para la vida. Su manejo requiere mantener un balance delicado, ya que tiene muchos usos, todos importantes pero casi siempre en conflicto. En nuestro país, la relativa abundancia del recurso agua ha hecho que la desperdiciemos y la usemos mal.

Por ello, aunque supuestamente existen recursos hídricos abundantes, continuamente se reportan quejas por la falta de agua, y en casos extremos la hambruna ocasionada por la sequía como en los casos de Camotán y Jocotán.

El Lago de Amatitlán se encuentra En el departamento de Guatemala, en los municipios de Amatitlán, Petapa y Villa Canales, cuenta con un área de 15.20 km². Cuenta con estudio limnológico y con un mapa batimétrico de parte del IGN.

Nombre geográfico oficial normalizado: Lago de Amatitlán.

Su elevación es de 1,188 msnm. En el sistema UTM lo podemos localizar entre las zonas 15 y 16 a una longitud de 76441 y a una latitud de 1598180.

Después de varios estudios realizados, aunque no de manera exhaustiva, el lago corre el riesgo de desaparecer a largo plazo si no se toman las medidas proteccionistas adecuadas es decir, su desaparición no es inminente de acuerdo con el ciclo hidrológico que mantiene el equilibrio lacustre. Sabido es que el lago constituyó esencialmente una fuente de recursos de pesca durante el período hispánico, así como su cuenca fue la región predominantemente productora de la cochinilla, principal elemento de exportación cuando ese colorante no había sido substituido por los químicos industriales que se introdujeron con posterioridad.

Desde el punto de vista hidrológico, entre otros factores merecen mención fenómenos que inciden en perjuicio del lago, como son la erosión y el azolvamiento como consecuencia de las sedimentaciones arrastradas por su principal corriente surtidora, o sea el río Villalobos. Es en este sentido que la sedimentación ha formado una especie de delta con una proporción de un tercio de kilómetro, más o menos.

Es necesario tomar conciencia e iniciar acciones que permitan hacer una gestión integrada de los recursos hídricos, para lograr un uso eficiente, sostenible pero sobre todo equitativo del agua. Para ello es indispensable contar con la información fiable y oportuna para la toma de decisiones acertadas. En Guatemala existen esfuerzos valiosos de generación, administración y comunicación de información sobre recursos hídricos; sin embargo, representan iniciativas aisladas, lo cual ha dificultado el uso de la misma cuando es requerida.

Los recientes desastres por inundaciones y deslizamientos, han evidenciado la necesidad de contar con información confiable y de fácil acceso sobre recursos hídricos, que permita realizar acciones que contribuyan al balance entre oferta y demanda de agua de la sociedad y al ordenamiento del territorio para que de esa forma se mantenga el equilibrio del ciclo hidrológico.

Es importante mencionar que este esfuerzo debe ser un esfuerzo nacional y compartido, donde el gobierno tiene un rol, pero los usuarios grandes y pequeños deberán ser participes de la conservación y uso eficiente del recurso, ya que somos todos la que la usamos el agua y somos todos los que también la contaminamos. Es por ello, que así como la usamos y la ensuciamos, se requiere un esfuerzo de todos para conservarla y cuidarla, para que nuestros hijos y nietos puedan gozar del recurso agua en el futuro. (<http://www.guateagua.org.gt/index.php>)

La calidad del agua es un factor limitante para su utilización. Diferentes estudios han mostrado el alto nivel de contaminación de las aguas a nivel nacional. En 1999, un análisis sobre presencia de 37 productos químicos utilizados en la agricultura, en diferentes cursos de agua reporta que el 30% de los cuerpos de agua evaluados estaban por encima de los límites que permiten las normas internacionales. La Autoridad del Manejo Sustentable de Lago de Amatitlán ha reportado más de 80 industrias que

contaminan los ríos que descargan en dicho lago. La mayor parte de las industrias no cuentan con plantas de tratamiento adecuadas. La contaminación industrial se encuentra más localizada en ciertos ríos del país, como el Villalobos-María Linda, Samalá y el Motagua, principalmente.

Si consideramos que las ciudades más grandes del país están en la parte alta de las cuencas hidrográficas, es fácil entender por qué la mayoría de los ríos se encuentran contaminados. Los casos más conocidos son los ríos Las Vacas y Los Plátanos, ambos afluentes del río Motagua en la vertiente del Atlántico y el río Villalobos que descarga al lago de Amatitlán en la vertiente del Pacífico.

Se estima que el 80% del agua de consumo doméstico, de las poblaciones urbanas de más de 2,000 habitantes, regresa contaminada a los ríos y cuerpos receptores, esto implica un volumen de 6 m³/seg. de agua contaminada descargando a los diferentes cuerpos de agua.

La contaminación del agua es un problema que está presente en todo el país. Solo el área metropolitana genera anualmente 140 millones de m³ de aguas residuales (equivalente a la mitad del volumen del agua del lago de Amatitlán, con el agravante que cada año se genera esa cantidad). A principios de los años 70 se estimaron 1.07 m³/seg.; para 1980 fueron 1.95 m³/seg. En los 90 fueron 2.62 m³/seg. y ya en el 2001 eran 3.2 m³/seg.

Los guatemaltecos usamos el agua, le agregamos contaminantes y la dejamos ir por el drenaje. De 223 centros urbanos con más de dos mil habitantes, solo 24 aplican alguna clase de tratamiento, el resto lo descarga directamente a los ríos. Muchos de estos ríos, posteriormente, sirven de fuente a otras comunidades o a otras actividades. De las 331 municipalidades solamente 24 cuentan con plantas de tratamiento para agua potable y de éstas solo funcionan 15, es decir el 4.5% de todas las municipalidades. Para 1978 los análisis bacteriológicos indicaban que el número de coniformes por 100 cm³ en promedio era de 1.68×10^9 (mil seiscientos ochenta millones) siendo el máximo permisible de 1×10^3 (mil).

Se estima que el costo de tratamiento de aguas negras es de aproximadamente 75 centavos de dólar por metro cúbico; para hacer sostenible financieramente el sistema de tratamiento, deberían aplicarse tarifas de conexión cinco veces más altas de lo que actualmente se cobra por agua potable en la ciudad de Guatemala. El sector privado está reaccionando y promueve el programa de producción más limpia, que a través de la optimización y tratamiento pretende disminuir la descarga de contaminantes industriales a los cuerpos de agua. Las municipalidades están cada vez más conscientes de que la contaminación del agua es un grave problema, pero hacen falta recursos para atender el problema, sobre todo por el estrecho vínculo que existe entre la salud humana y la disponibilidad de agua potable.

Un fuerte indicador del nivel de la calidad de las aguas son las enfermedades vinculadas al uso de agua contaminada, para el año 2000 las enfermedades diarreicas agudas fueron la segunda causa de morbilidad y la segunda de mortalidad, sólo

superada por las infecciones respiratorias. El 43% de la mortalidad infantil tuvo como causa la diarrea, con un promedio de cinco niños menores fallecidos diariamente.

El problema de contaminación se considera muy grave en Guatemala, aunque en general existe más información cualitativa que cuantitativa al respecto. No hay una toma de muestras sistemática que abarque puntos de control en todo el país; existe información en cuencas determinadas como las de los lagos de Amatitlán, Atitlán e Izabal. En el resto del país ha habido esfuerzos puntuales en diferentes oportunidades y con distintos fines. El INSIVUMEH está renovando su red de medición, y ha iniciado desde el 2000 la toma de datos de calidad del agua en diferentes estaciones del país, pero principalmente concentran sus esfuerzos en la costa sur. (<http://www.guateagua.org.gt/2.htm>)

OBJETIVOS

1. Determinar la abundancia de cianobacterias en los meses de estudio, tanto para época lluviosa como para le época de estiaje.
2. Comparar la abundancia de cianobacterias en cada uno de los puntos de muestreo.
3. Utilizar a las cianobacterias indicadoras de contaminación como bioindicadores de contaminación.

HIPOTESIS

“La abundancia de cianobacterias en el lago de Amatitlán decrecerá en los meses de época de Estiaje”

METODOLOGIA

DISEÑO

POBLACION

Géneros de Cianobacterias indicadoras de contaminación presentes en el lago de Amatitlán.

MUESTRA

7 puntos de muestreo con 10 replicas cada uno de 1 litro, 2 veces a la semana, durante 6 meses.

TÉCNICAS A USAR EN EL PROCESO DE INVESTIGACION

RECOLECCION DE DATOS

Se tomaron 7 muestras por semana, por un tiempo de 6 meses.

ANALISIS DE DATOS

Cada muestra fue identificada con: fecha, hora de colecta, punto de colecta.

Para analizar la muestra de agua, se vertió 1 ml en la cámara de y se observó al microscopio. Luego se contó la cantidad de bacterias por fila, esto se repitió 5 veces, se obtiene el promedio y luego se hace la relación para determinar cuantas cianobacterias hay en cada litro de agua analizada.

INSTRUMENTOS PARA REGISTRO Y MEDICION DE LAS OBSERVACIONES

Equipo de Microscopia especial. (Cámara de Sedgewick-Rafter)
Contador manual
Envases plásticos de 1 litro para contención.

RESULTADOS

Cuadro 1. Comparación de conteos (u/L) por semana en el Río Michatoya en época seca y época lluviosa.

Época	Semana	Conteo (u/L)
Estiaje	Primera	4480.0
	Segunda	8606.7
	Tercera	9456.0
	Cuarta	3906.7
	Quinta	4558.7
Lluviosa	Primera	4573.3
	Segunda	6733.3
	Tercera	6050.0
	Cuarta	28706.7
	Quinta	8723.3

Fuente: Datos Experimentales

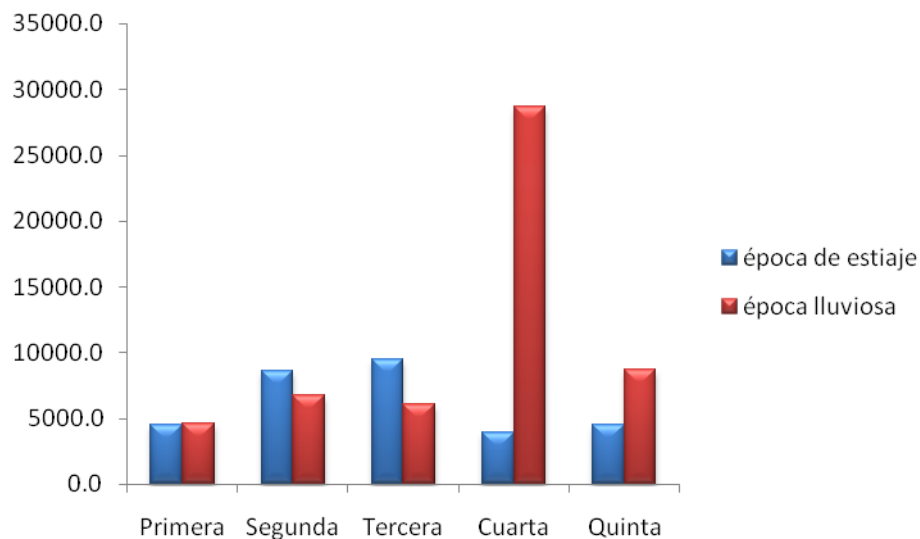


Figura 1. Comparación de los conteos (u/L) del río Michatoya.

Fuente: Datos Experimentales

Cuadro 2. Comparación de conteos (u/L) por semana en el Río Villalobos en época seca y época lluviosa.

Época	Semana	Conteo (u/L)
Estiaje	Primera	2253.32
	Segunda	373.33
	Tercera	1640
	Cuarta	3140
	Quinta	3423.33
Lluviosa	Primera	686.67
	Segunda	1433.3
	Tercera	1263.33
	Cuarta	8413
	Quinta	813.33

Fuente: Datos experimentales

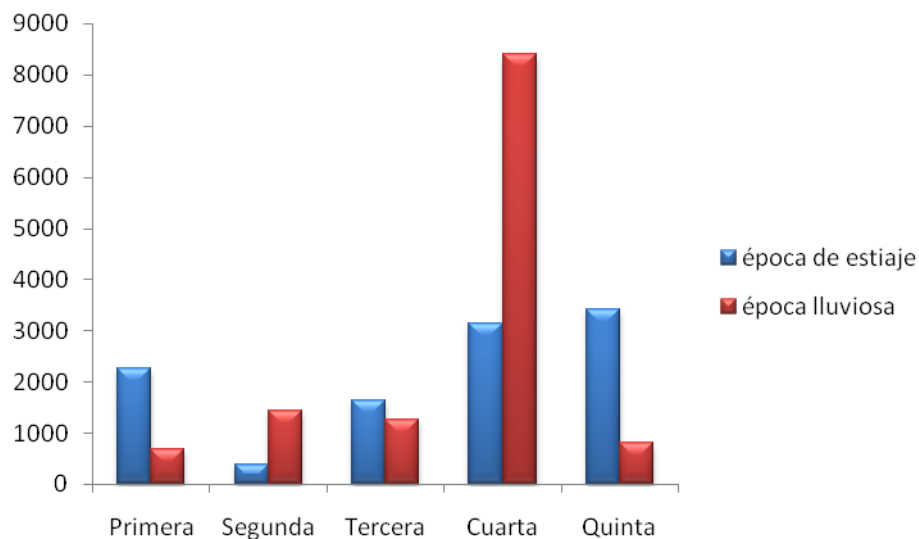


Figura 2. Comparación de los conteos (u/L) en el Rio Villalobos

Fuente: Datos Experimentales

Cuadro 3. Comparación de conteos (u/L) por semana en Playa de Oro en época seca y época lluviosa.

Época	Semana	Conteo (u/L)
Estiaje	Primera	3253.33
	Segunda	4686.67
	Tercera	4786.78
	Cuarta	866.67
	Quinta	1173.33
Lluviosa	Primera	2180
	Segunda	19733.3
	Tercera	11800
	Cuarta	2886.66
	Quinta	4466.67

Fuente: Datos Experimentales

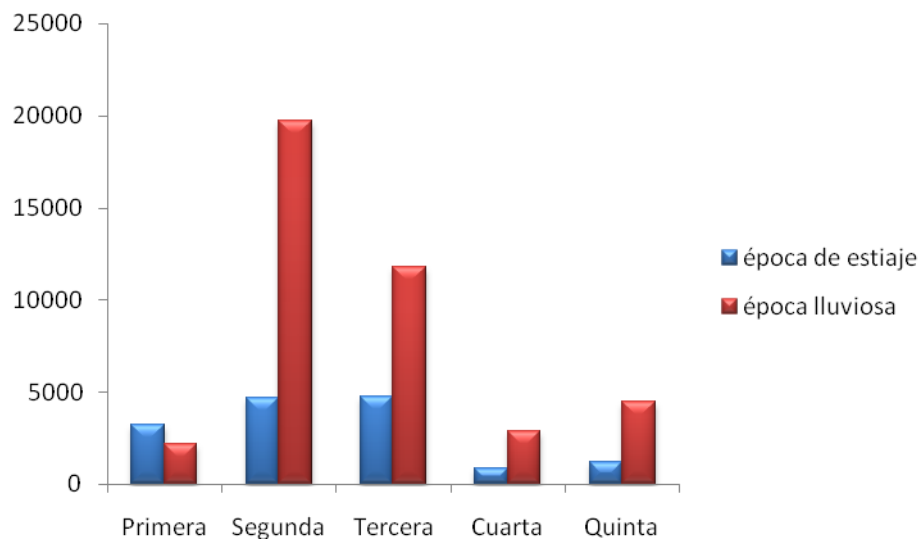


Figura 3. Comparación de los conteos (u/L) en Playa de Oro

Fuente: Datos Experimentales

Cuadro 4. Comparación de conteos (u/L) por semana en el Centro Oeste en época seca y época lluviosa.

Época	Semana	Conteo (u/L)
Estiaje	Primera	1466.7
	Segunda	333.0
	Tercera	2600.0
	Cuarta	1400.0
	Quinta	2966.7
Lluviosa	Primera	500.0
	Segunda	740.0
	Tercera	1113.3
	Cuarta	1320.0
	Quinta	2880.0

Fuente: Datos Experimentales

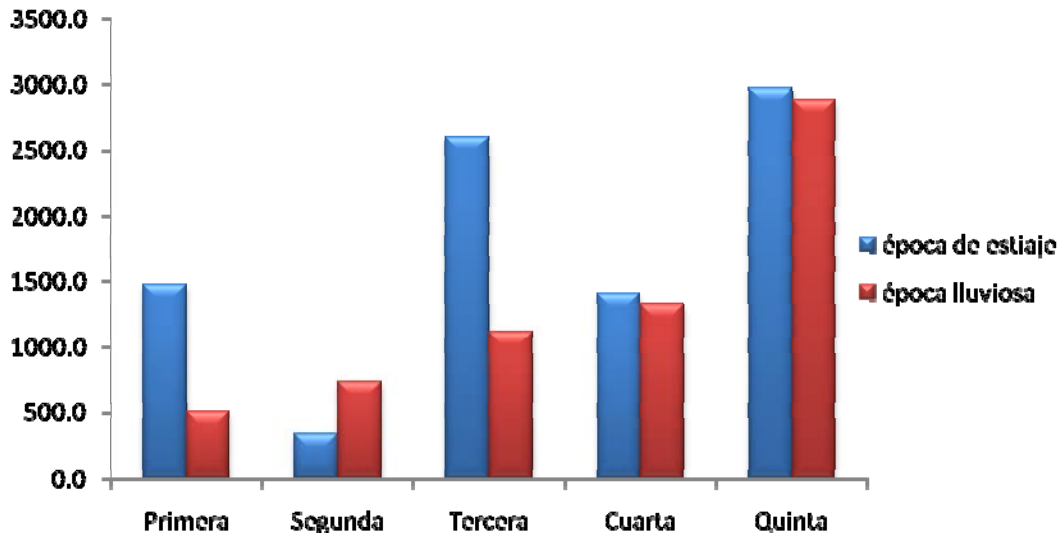


Figura 4. Comparación de conteos (u/L) en el Centro Oeste

Fuente: Datos Experimentales

Cuadro 5. Comparación de conteos (u/L) por semana en Cerritos época seca y época lluviosa.

Época	Semana	Conteo (u/L)
Estiaje	Primera	6793.33
	Segunda	140
	Tercera	0
	Cuarta	0
	Quinta	3893.33
Lluviosa	Primera	60
	Segunda	2896.66
	Tercera	1096.67
	Cuarta	3940
	Quinta	0

Fuente: Datos Experimentales

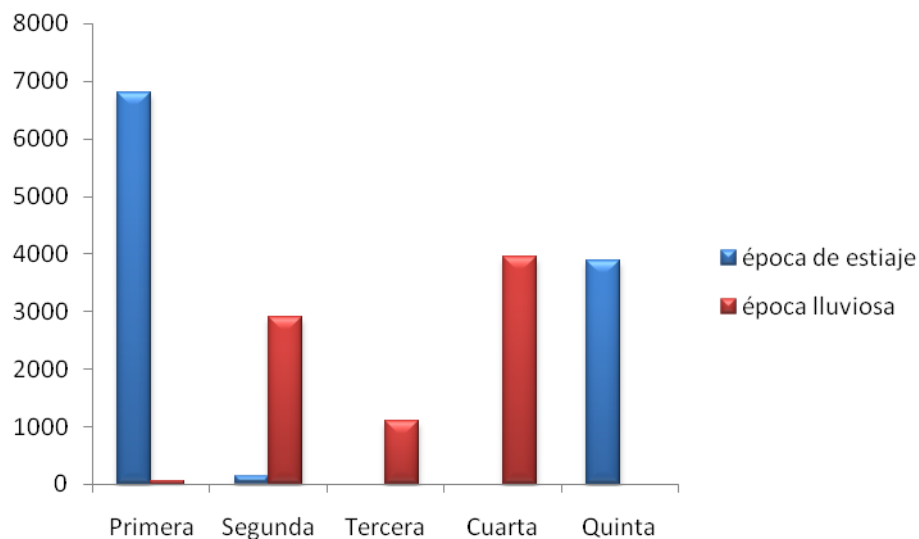


Figura 5. Comparación de los conteos (u/L) en Cerritos

Fuente: Datos Experimentales

Cuadro 6. Comparación de conteos (u/L) por semana en el Centro Este en época seca y época lluviosa.

Época	Semana	Conteo (u/L)
Estiaje	Primera	2026.67
	Segunda	206.70
	Tercera	1060.70
	Cuarta	7820.00
	Quinta	3546.66
Lluviosa	Primera	2946.67
	Segunda	10093.30
	Tercera	8486.67
	Cuarta	12300.00
	Quinta	2951.67

Fuente: Datos Experimentales

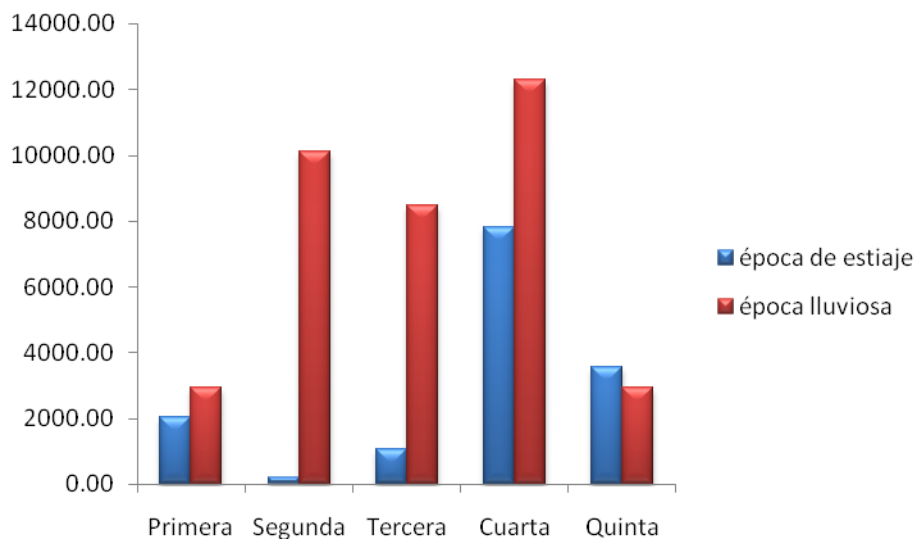


Figura 6. Comparación de los conteos (u/L) del Centro Este por semana

Fuente: Datos Experimentales

Cuadro 7. Comparación de conteos (u/L) por semana en el Oxigenador 1 en época seca y época lluviosa.

Época	Semana	Conteo (u/L)
Estiaje	Primera	1300.0
	Segunda	106.7
	Tercera	1280.0
	Cuarta	465.0
	Quinta	2080.0
Lluviosa	Primera	5126.7
	Segunda	2283.8
	Tercera	1588.3
	Cuarta	4293.3
	Quinta	6313.3

Fuente: Datos Experimentales

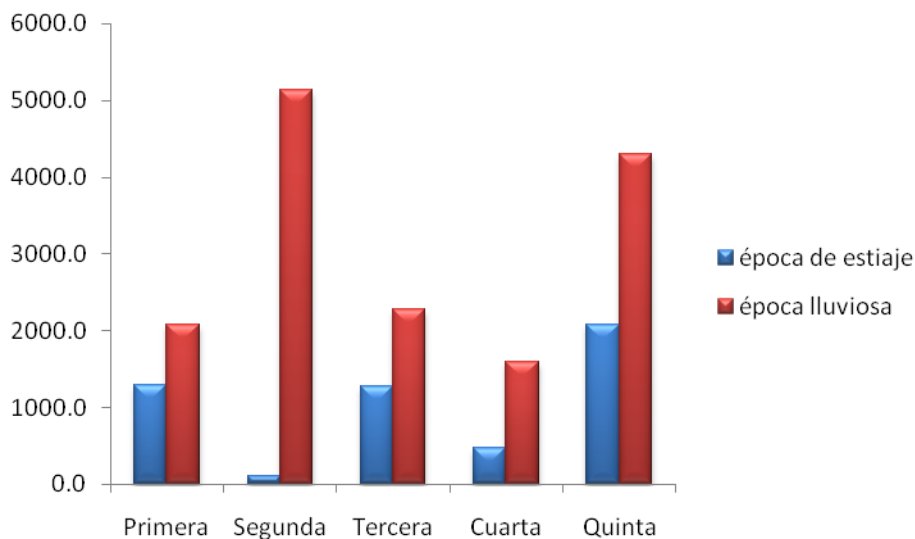


Figura 7. Comparación de los conteos (u/L) en el oxigenador 1

Fuente: Datos Experimentales

DISCUSION DE RESULTADOS

Según Lujan (2000): La abundancia de cianobacterias en aguas eutrofizadas puede deberse a uno o varios factores, dentro de los cuales cabe mencionar la capacidad que tienen para desarrollarse en ambientes con bajas concentraciones de dióxido de carbono; condiciones que se dan en aguas que poseen altas densidades de algas como producto del enriquecimiento de nutrientes.

Según Peinador (1999): Otro factor que influye para que algunos géneros de cianobacterias, como *Microcystis*, sean tan numerosas es el tipo de aguas y que por su modo de vida y los pigmentos fotosintéticos que poseen, aprovechen mejor manera la luz e impiden el paso de la misma a los estratos inferiores de la masa de agua impidiendo el desarrollo masivo de muchas clorofíceas.

Ambas afirmaciones son aplicables para nuestro entorno, aunque no existe información especie específica sobre estos organismos en el lago de Amatitlán, ni se tienen datos específicos sobre la biología de estos microorganismos.

La eutrofización actúa tanto de forma directa como indirecta sobre los ecosistemas acuáticos. La repercusión más directa del enriquecimiento en nutrientes es el aumento de la producción primaria del sistema. Gran parte de esta biomasa producida por el sistema terminará depositándose en el fondo por efecto de la gravedad.

El carbono el nitrógeno y el fósforo son los principales responsables del desarrollo de procesos eutróficos y suelen ser bastante difíciles de eliminar de las aguas, sin afectar a las formas de vida que en ella habitan, (Fontúrbel 2004) formando condiciones óptimas para el desarrollo de las cianobacterias.

Es preciso tener en cuenta que la relación causal entre contaminación y pérdida de diversidad biológica no es una ecuación simple ya que sus efectos son variados y se propagan a través del sistema a diferentes escalas espacio-temporales. A menudo, una riqueza biológica relativamente alta perdura aún cuando el hábitat ya ha comenzado a degradarse (Serrano 2006).

Al realizar el análisis de Varianza – ANDEVA- no se detecto diferencia significativa dentro de los conteos realizados ($p=0.1036$), aunque bien si se observan las figuras 1 a 8 puede verse con claridad que en los meses de época lluviosa hay mas conteos, esto obedece que cuando llueve los ríos arrastran una mayor cantidad de contaminantes hacia el lago, lo cual afecta de manera directa al proceso de crecimiento poblacional de las mismas.

Los conteos de cianobacterias presentan una contribución media, aportando poca información significativa al respecto de la tendencia del comportamiento de las cianobacterias en estudio, esto se afirma en el hecho de que no existió una diferencia significativa en los conteos, e y por lo tanto sería recomendable realizar nuevos estudios para comparar con años anteriores y así poder observar con mayor fidelidad la tendencia que ha tenido hasta ahorita el lago.

Por lo anterior, no se puede aceptar o afirmar la hipótesis propuesta en este trabajo ya que la base para poderla aceptar hubiese sido que existiese diferencia significativa con una *alfa* de 0.05 dentro de los conteos, mas no la hubo, aunque se observe lo contrario en las figuras.

Se considera que este comportamiento lo puede estar provocando las altas concentraciones de contaminantes que se arrastran en la época lluviosa, mas no se puede asegurar esto, ya que se tiene poca información acerca de la correlación que existe entre las concentraciones de contaminantes que favorecen los afloramientos de estos organismos.

CONCLUSIONES

- Aunque los conteos sean menores en la época seca esto no implica que la hipótesis sea válida, ya que no presenta diferencia significativa.
- No existe diferencia significativa ($p=0.1036$) entre las épocas seca y lluviosa.

RECOMENDACIONES

- Realizar este tipo de monitoreo por un lapso de tiempo mas prolongado, si es posible durante todo el año y realizar comparaciones hasta que exista diferencia significativa entre los conteos.
- Realizar cultivos de estas bacterias para determinar su tasa de crecimiento en las condiciones que presenta el Lago de Amatitlán, esto con el fin de poder realizar comparaciones entre los nutrientes (contaminantes).
- Construir una curva de crecimiento poblacional que refleje el punto en el cual se hallan las poblaciones de cianobacterias en el lago de Amatitlán.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Fabricius L. **“Las algas, indicadores de la calidad del agua”**. 2000. Interciencia, UNRC, Río Cuarto, 4(4).*Fac. de Ciencias Exactas, Dpto. de Ciencias Naturales, UNRC

Fontúrbel F. 2004. **“Un ejemplo de la necesidad de la conservación de ecosistemas: la eutrofización localizada en el lago Titikaka (Departamento de La Paz, Bolivia)”** [disponible en la web desde <http://www.biologia.org/revista/pdfs/78.pdf>. fecha de visita 28 de Abril de 2008]

Lujan, A. 2000. **“Las algas, indicadores de la calidad del agua”**. UNCR, facultad de ciencias biológicas. Ecuador.

Reyna E. 1998. **“Manejo integrado de la cuenca del lago de Amatitlán.”** Guatemala, Guatemala

Peinador M. 1999. **“Las cianobacterias como indicadores de contaminación orgánica”** *Rev. biol. trop.*, set. 1999, vol.47, no.3, p.381-391. ISSN 0034-7744.

Prosperi, et al. 2000. **“EVALUACION DE LA CONTAMINACION Y EUTROFICACION DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA PROVINCIA DE CORDOBA** “Fac. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Laboratorio de Hidrobiología.

Puig A. 2000. **Documento en línea, disponible en** <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Bioindic.htm>.

Salamanca E. et al. 2005. **“Algas como indicadores de contaminación”**. Colombia. Editorial Universidad del Valle. 164 Pp

Serrano L. et al.2006. **“La contaminación por eutrofización en arroyos que vierten a la marisma de doñana”**. Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla

SITIOS DE INTERNET REVISADO

- <http://www.guateagua.org.gt/2.htm> con fecha de ingreso 24 de Marzo de 2008
- <http://www.guateagua.org.gt/index.php> con fecha de ingreso 24 de Marzo de 2008

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los licenciados encargados del programa de EDC- Biología: Eunice Enríquez y Billy Alquijay por su apoyo durante esta práctica.

Agradezco también a la unidad de Recursos Hídricos y Cuencas del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-, y a la unidad de control, calidad ambiental y manejo de Lagos de la Autoridad para el Manejo Sostenible de la Cuenca de Amatitlán -AMSA- por el apoyo brindado durante esta práctica.

ANEXOS

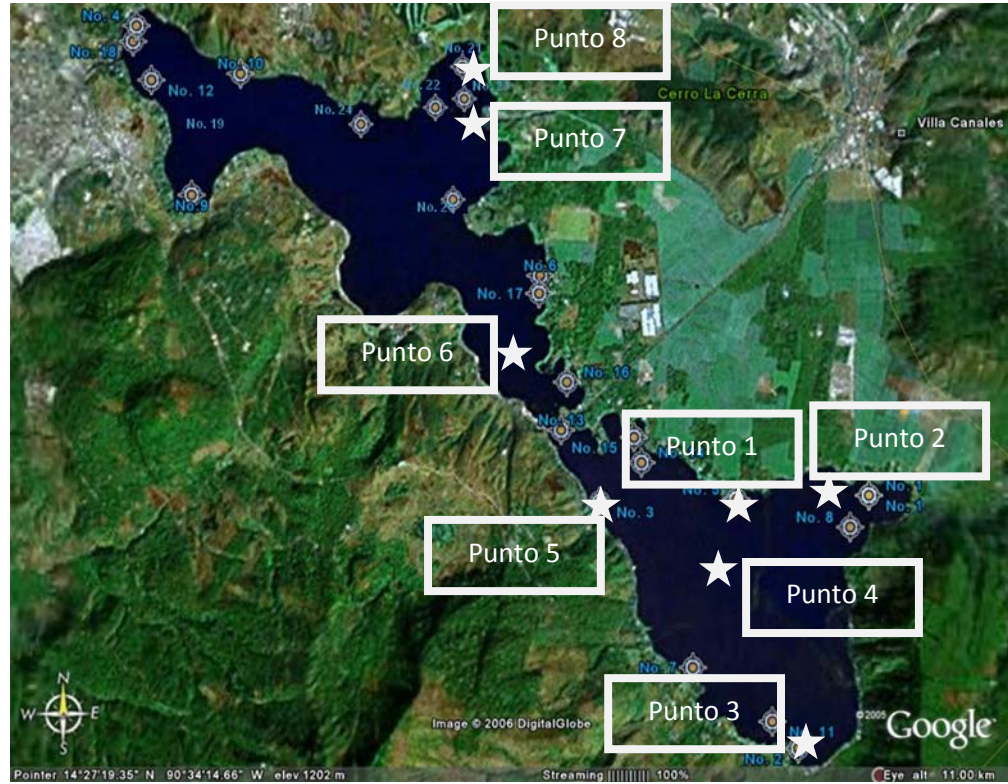


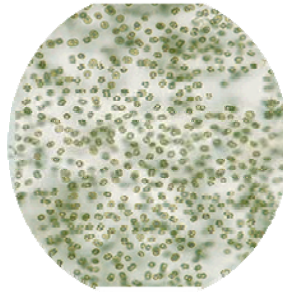
Figura No.8
“Vista superior del lago de Amatitlán con los 10 puntos de monitoreo establecidos por la Autoridad de Manejos Sostenible del Lago de Amatitlán –AMSA–”

Fuente: AMSA

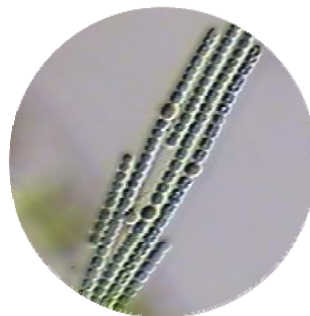
Figura 9. Géneros de Cianobacterias indicadoras de contaminación utilizados.

“Géneros de cianobacterias utilizados”

Microcystis sp.



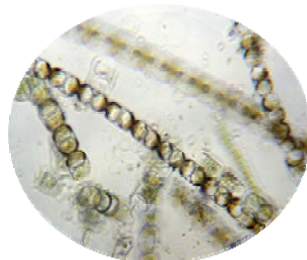
Anabaena sp.



Oscillatoria sp.



Melosira sp.



Cuadro No. 8
“Información de los puntos de colecta”

Puntos de Monitoreo	Referencia	Longitud	Latitud
1	Inicio Río Michatoya	757711	1602810
2	desembocadura Río Villa Lobos	761270	1602075
3	Entrada Bahía Playa de Oro	761503	1602842
4	Centro Lado Oeste	760265	1601798
5	Cerritos	762247	1599368
6	Centro Lado Este	765166	1595894
7	Oxigenador I	762993	1598290

Fuente: AMSA



Figura 9. Implementos de laboratorio utilizados.



Figura 10. Equipo de Computo utilizado.

RESUMEN DE INVESTIGACION:

“Comparación de la abundancia de cianobacterias indicadoras de contaminación en el Lago de Amatitlán en época de Estiaje (época seca) y época lluviosa”

El agua es uno de los recursos naturales más importantes para la vida. Su manejo requiere mantener un balance delicado, ya que tiene muchos usos, todos importantes pero casi siempre en conflicto.

Especies indicadoras son aquellos organismos (o restos de los mismos) que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Estas tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura del hábitat y de relaciones con otras especies.

Las cianobacterias, son importantes indicadores de agua en proceso de eutrofización (Mariano, 1999), ya que estas indican si existe contaminación; en este caso fueron utilizadas los géneros siguientes: *Mycrocystis sp*, *Anabaena sp*, *Melosira sp* y *Oscillatoria sp*.

El estudio fue realizado en los meses de Abril a Junio (época seca o de estiaje) y los meses de Julio a Septiembre (época lluviosa)

Los conteos fueron realizados con ayuda de una cámara especial llamada: “Sedgewick Rafter”, la cual posee una cuadrícula milimétrica que facilita en gran manera los conteos.

Las muestras de agua analizadas fueron tomadas cada 15 días, a cada muestra de agua se le extrajo 1mL para realizar el conteo respectivo, utilizando la siguiente ecuación:

$$x = \frac{\text{columna a} + \text{columna b} + \text{columna c}}{150} \times 1000$$

Donde la suma de las columnas contadas es dividida entre 150 (cada columna que se cuenta posee 50 cuadros de conteo), luego es multiplicada por 1000 para obtener el valor proporcional de un litro de agua, para evitar errores de tipo estadístico, este proceso se realizó 3 veces a cada muestra, y el promedio de estas fue utilizado como resultado final.

La hipótesis planteada fue que los conteos de cianobacterias serían menores en los meses de la época de Estiaje en comparación con los conteos en los meses de la época lluviosa.

En análisis de Varianza -ANDEVA-, da un valor de $p=0.1036$; dicho resultado arroja que no existió diferencia significativa entre los datos, por lo cual la hipótesis queda anulada, aunque al graficar los resultados se puede observar el descenso en los conteos en la época de estiaje.

La recomendación principal es que se sigan realizando estudios de este tipo hasta encontrar que haya diferencia significativa en los resultados ($p<0.05$) ya que esto reflejará que las condiciones del lago que experimenta el lago varían de acuerdo a la época de estudio.