



## Identificación de cianobacterias de la laguna “La Mansión” en una universidad privada confesional

### Identification of cyanobacteria of the lagoon "La Mansión" in a private denominational university

Maycol Owen Echevarria Mendoza, Maria Alejandra Roman Medrano, Ginnie Estephany Ruíz Díaz y Gina Tito Tolentino

*<sup>a</sup>E.P. de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión*

---

#### Resumen

El objetivo de este artículo es identificar los géneros de cianobacterias presentes en la laguna “La mansión” y su impacto en el ecosistema local. En este contexto, las cianobacterias tienen gran influencia, puesto que son base de esta cadena y fijan nitrógeno, a su vez, liberan grandes cantidades de oxígeno al ecosistema acuático. Ésta laguna, tiene un área de 3499 m<sup>2</sup>, y amerita realizar una segmentación en 8 sectores estratégicos para poder identificarlas, además, se colocaron mallas estándar de 40 cm<sup>2</sup>, las cuales capturaron todas las partículas suspendidas en el agua, entre ellas, las cianobacterias. A través de botellas de 225 ml fueron trasladadas al laboratorio para ser observadas en el microscopio. Los resultados más importantes fueron la detección de 6 especies de cianobacterias, siendo la principal y más abundante la *anabaena*, quien se encarga en mayor escala de fijar nitrógeno y producir oxígeno frente a los demás géneros, sin embargo, el crecimiento de ésta es acelerado, lo que conllevaría en el futuro a tener un problema de eutrofización. Por lo tanto, se concluye que las cianobacterias encontradas podrían incrementar su población ocasionando muerte acuática y alterando el ecosistema en caso de no controlar los inicios del proceso eutrófico.

*Palabras clave:* Cianobacteria, eutrofización, anabaena, cianotoxinas.

---

#### Abstrac

The objective of this article is to identify the cyanobacteria present in the lagoon "La mansion" and its impact on the local ecosystem. In this context, cyanobacteria have great influence, that their base of this chain and fix nitrogen, to their they release large amounts of oxygen into the aquatic ecosystem. This lagoon has an area of 3499 m<sup>2</sup> and America has a segmentation in 8 strategic sectors to be able to identify them, in addition, standard meshes of 40 cm<sup>2</sup> were placed, which captured all suspended particles in the water, including cyanobacteria. Through bottles of 225 ml were transferred to the laboratory for observations under a microscope. The most important results were the detection of 6 species of cyanobacteria, the main and most abundant being the *anabaena*, which is responsible for a larger scale to fix nitrogen and produce oxygen compared to other genera, however the growth of this is accelerated, which would lead in the future to have a problem of eutrophication. Therefore, it is concluded that the cyanobacteria found increased population causing aquatic death and altering the ecosystem in case of not controlling the beginnings of the eutrophic process.

Keywords: Cyanobacteria, eutrophication, anabaena, cyanotoxins

## 1. Introducción

La cianobacterias son organismos procariotas Gram negativas, poseen características de las bacterias y también de las algas, las cianobacterias se encuentran finamente dispersos en el agua, pero si estas aumentan

su población producen turbidez en el agua como es el caso de la laguna materia de este estudio, pero si el lugar presta las condiciones favorables para su desarrollo, como abundancia de nutrientes, temperatura adecuada entonces se da un crecimiento exponencial que forma los blooms. Según Hidrol, (n.d.) la presencia abundante de cianobacterias genera limitaciones para el correcto funcionamiento de la cadena trófica de este ecosistema. América del sur tiene grandes cantidades de agua dulce reservadas, pero también debido a la abundancia de materia orgánica y al existir tantos microclimas hay más afloramiento de cianobacterias y según la OMS las cianobacterias se encuentran en la lista de problemas de salud emergente. Las cianobacterias contribuyen significativamente a la producción primaria acuática, ocupando un papel central en el plancton junto con micro algas eucariotas.

Sin embargo, las cianobacterias planctónicas, también son un tema de preocupación para calidad del agua. Su participación en el ecosistema es de gran importancia ya que al ser fijadores de nitrógeno en el agua y producir oxígeno permiten el desarrollo de otros tipos de vida, si el ambiente se vuelve adecuado se proliferan y aparecen cianobacterias que pueden producir cianotoxinas que en exceso terminan intoxicando el cuerpo de agua e inhibiendo la vida normal y el desarrollo de este ecosistema acuático por lo que estaría ocasionando un impacto significativo en su ecosistema local. Para Alonso et al., (2008): La eutrofización de los ambientes acuáticos, es decir el enriquecimiento de las aguas superficiales en sustancias nutritivas (N y P) principalmente en aguas que no tienen tanta fluidez y movimiento, esto favorece el crecimiento de poblaciones de cianobacterias. Por lo que se estaría hablando de una probabilidad de que la condición de calidad de agua y la presencia de cianobacterias en la laguna causarían un impacto negativo dependiendo al género de cianobacterias que se establece en el cuerpo de agua, por lo cual esta genera cambios en el ecosistema, y en la calidad de agua se corre el riesgo de producir eutrofización por cianobacterias filamentosas (González-piana, 2012), cuando las cianobacterias producen las cianotoxinas entonces el impacto será más significativo. Es por esto que el objetivo fue identificar los géneros de cianobacterias presentes en la laguna “La mansión” y así entender cuál podría ser el impacto en el ecosistema acuático.

### Las cianobacterias

Las Cianobacterias son organismos microscópicos, bacterias Gram negativas que contienen clorofila, lo que les permite realizar fotosíntesis (Para & Personal, 2015). Las cianobacterias se consideran como bacterias que pueden realizar fotosíntesis, ya que tienen algunas coincidencias con las algas. Además según (Ramirez, Rojo, & Espejel, 2007), las cianobacterias son procariontes, pueden realizar fotosíntesis, su estructura es unicelular y multicelular, pueden producir toxinas que vendrían a ser cianotoxinas, las cianobacterias pueden desarrollarse en diferentes hábitats y en el agua son visibles. Existen otras diferencias y similitudes que se pueden apreciar en la *Tabla 1*.

Tabla 1

*Diferencias entre las algas, cianobacterias y bacterias.*

Algas	Cianobacterias	Bacterias
Eucariotas	Procariontes	
	Fotosintéticas	No fotosintética
No producen toxinas	Capaces de producir toxinas y exudarlas al medio circundante	Capaces de producir toxinas
	Unicelular y multicelular	Unicelular
Se encuentran sólo en ambientes acuáticos	Se encuentran en muchos hábitats diversos	
	Pueden formar colonias visibles en el agua	Pueden causar aumento de turbidez, pero no colonias visibles

*Fuente:* Dirección Nacional de Determinantes de la salud e Investigación, (2011)

### Floración Cianobacterial

Las cianobacterias son organismos que están presentes y dispersos en el agua o en el ambiente, además en concentraciones diversas que varían de acuerdo a los factores limitantes de su crecimiento.

Según el artículo de Cianobacterias como determinantes ambientales (Para & Personal, 2015) se menciona que se conoce como bloom o floración al crecimiento rápido de la densidad de la población cianobacterial en el agua, alcanzando niveles tales que se puede observar a simple vista, y afecta en mayor medida a ríos, embalses y lagos, constituyéndose en un peligro potencial para la salud, en particular cuando su uso está destinado para recreación, como fuente para riego o para agua potable.

### Clasificación de las Cianobacterias

La mejor forma de clasificarlos y ordenarlos, es mediante la predominancia de las órdenes, posterior a eso siguen los géneros y por último las especies, las cuales son muy variadas con respecto al género, según las investigaciones que se hicieron en todo el mundo, se han determinado unas 2000 especies de cianobacterias, las cuales viven ya sean en ambientes terrestres o acuáticos, dividiéndose en 3 órdenes predominantes que son las chroococcales, los nostocales y las oscillatorias (Cabrera, 2011).

A continuación se mostrara una clasificación de las cianobacterias más comunes de agua dulces.

Tabla 2

*Clasificación de las cianobacterias más comunes de agua dulce.*

Orden	Genero	Especie
Chroococcales	Coelosphaerium	<i>Kuetzingianum</i> <i>Aeruginasa</i> <i>Flos-aquae</i>
	Microcystis	<i>Ichthyablabe</i> <i>Novacekji</i> <i>Viridis</i>
	Woronichinia	<i>Naegeliana</i>
	Anabaena	<i>Affinis</i> <i>Bergill</i> <i>Ciarcinalls</i> <i>Crassa</i> <i>Cylindrica</i> <i>Flos-aquae</i> <i>Lemmermannil</i> <i>Macrospora</i> <i>Mendotae</i> <i>Pertusbata</i> <i>Planctonica</i> <i>Solitaria</i>
Nostocales	Anabaenopsis	<i>Elenkinil</i> <i>Milleri</i> <i>Apharizomenoides</i>
	Aphanizamenon	<i>Flos-aquae</i> <i>Gracile</i> <i>Issatschenkoi</i> <i>Ovalisporum</i>
	Cylindrospermopsis	<i>Raciborskill</i>
	Raphidiopsis	<i>Curvata</i> <i>Mediterranea</i>
Oscillatorias	Limnothrix	<i>Redekei</i>
	Planktothrix	<i>Agardhil</i> <i>Isothix</i> <i>Rubescens</i>

Fuente: Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas (2011)

### Cianotoxinas

Un aspecto muy importante sobre las cianobacterias es la presencia de metabolitos secundarios en muchos de los taxones que, en algunas ocasiones, pueden ser tóxicos para los otros organismos de los ecosistemas, incluyendo los humanos. Muchas especies de cianobacterias producen toxinas, las cuales son contenidas en la célula o exudadas al medio, por lo que pueden aparecer disueltas en el agua, constituyéndose en un problema para la salud humana y ambiental (Leda, 2011).

Estos metabolitos secundarios tóxicos se denominan genéricamente cianotoxinas y se clasifican por los efectos que producen en los animales. Así, las cianotoxinas más nocivas son producidas por la *Arthrospira fusiformis*, *Anabaenopsis milleri* y *Aphanocapsa* sp, tres cianobacterias que se reportan en la literatura como altamente tóxicas y cuyas adaptaciones morfológicas, autecología, uso efectivo de nutrientes, espacio y luz, y las consecuencias de su actividad fisiológica en el ecosistema determinaron su prevalencia en la laguna (Lake et al., 2017), por una parte, las *hepatotoxinas*, que afectan a las células del hígado, representadas fundamentalmente por las microcistinas y las nodularinas (pequeños oligopéptidos de 7 ó 5 aminoácidos) y, por otra, las *neurotoxinas*, que afectan a la transmisión del impulso nervioso y que son las saxitoxinas y las anatoxinas (pequeños alcaloides). Existen otros grupos de toxinas importantes como son las *citotoxinas*, fundamentalmente la cilindrospermopsina, y las *dermatotoxinas* entre las que se encuentra la aplisiatoxina. Existe otra serie de compuestos que tienen toxicidad y que se encuentran en la mayoría de las cianobacterias: las endotoxinas (LPS), que forman parte de la pared de las cianobacterias y que presentan una toxicidad limitada, y el BMAA, que es un aminoácido que parece estar relacionado con enfermedades nerviosas y neurodegenerativas en vertebrados.

Tabla 3 Clasificación de las cianotoxinas según (Tapia, 2015).

Grupo de toxinas	Órgano dañado en mamíferos	Géneros de cianobacterias productoras de toxinas
Péptidos cíclicos		
Microcystinas	Hígado	Microcystis, Anabaena, Plankthrix (Oscillatoria), Nostoc, Hapalosiphon, Anabaenopsis
Nodularina	Hígado	Nodularia
Alcaloides		
Anatoxina-a	Sinapsis colinérgicas	Anabaena, Planktothrix (Oscillatoria), Aphanizomenon
Anatoxina-a(S)	Sinapsis colinérgicas	Anabaena
Aplysatoxins	Piel	Lynbya, Schizothrix, Planktothrix (Oscillatoria)
Cylindrospermopsinas	Hígado	Cylindrospermopsis, Aphanizomenon (Umezakia)
Lyngbyatoxin-a	Piel, tracto gastrointestinal	Lyngbya
Saxitoxinas	Axones neuronales, inhibe la conducción del impulso nervioso	Anabaena, Aphanizomenon, Lyngbya, Cylindrospermopsis
Lipopolisacáridos (LPS)	Potencial irritante, afecta cualquier tejido expuesto	Todas

Fuente: Antonio Quesada (2011)

### Importancia ecológica

La importancia ecológica de estos organismos radica en la capacidad de generar oxígeno formado durante el proceso fotosintético, esto confirma su importancia como organismos productores fototróficos responsables de generar la atmósfera inicial en el planeta.

Además, generan materia orgánica para otros organismos, son de utilidad económica en suelos donde se cultiva arroz, ya que, al incorporar el nitrógeno atmosférico en compuestos utilizables por estas plantas, se evita la utilización de fertilizantes, se mejora la calidad del suelo y se incrementa el rendimiento agrícola. Algunas cianobacterias establecen relaciones simbióticas con otros organismos tales como, protozoarios,

hongos (líquenes) y algunas plantas. Cabe resaltar un dato interesante: en los líquenes las cianobacterias carecen de pared celular y funcionan como cloroplastos que producen alimentos para el socio simbiótico.

### **Eutrofización**

Según Espósito et al., (2016) la descarga de los nutrientes fósforo y nitrógeno contribuyen a la eutrofización, esto es fundamental ya que las cianobacterias tiene relación con la fijación de nitrógeno, para Quirós, Renella, Boveri, Rosso, & Sosnovsky, (2002) las lagunas con abundante desarrollo del fitoplancton pero escaso desarrollo de la macrofitia coincide con lagunas verdes y “turbias”, y que generalmente presentan altas abundancias de peces planctívoros y estas características también coinciden con la laguna estudiada, la aparición y persistencia de las floraciones en cuerpos de agua se consideran un riesgo potencial para la salud de los habitantes del área (Almanza et al., 2016).

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1. Instrumentos**

El equipo utilizado fue el Oxímetro Hanna (modelo HI9146-04), con el método sonda con electrodos, también se usa el Papel pH, y para capturar muestras se usa mallas estándar de 40cm<sup>2</sup>, hilo nailon, para trasladar las muestras se utiliza botellas de 225 ml de vidrio esterilizadas.

### **2.2. Diagnóstico de la laguna de la mansión**

Antes de empezar con el muestreo, es necesario tener Información de la laguna la cual se encuentra ubicada a 580 msnm., a una latitud 0299741 S, UTM 86 72 262.

Gracias a Cruz et al., (2016) se tiene la siguiente data en la *Tabla 4*.

Tabla 4

*Diagnóstico del campo para el tratamiento de agua.*

Criterios de diseño	Unidad de medida	Cantidad
Área total de la laguna	m <sup>2</sup>	3499
Perímetro del lago	m	278.86
Volumen de almacenamiento	m <sup>3</sup>	6405.336
Caudal de ingreso	m <sup>3</sup> /sg	0.12
Periodo de ingreso	semanal	1

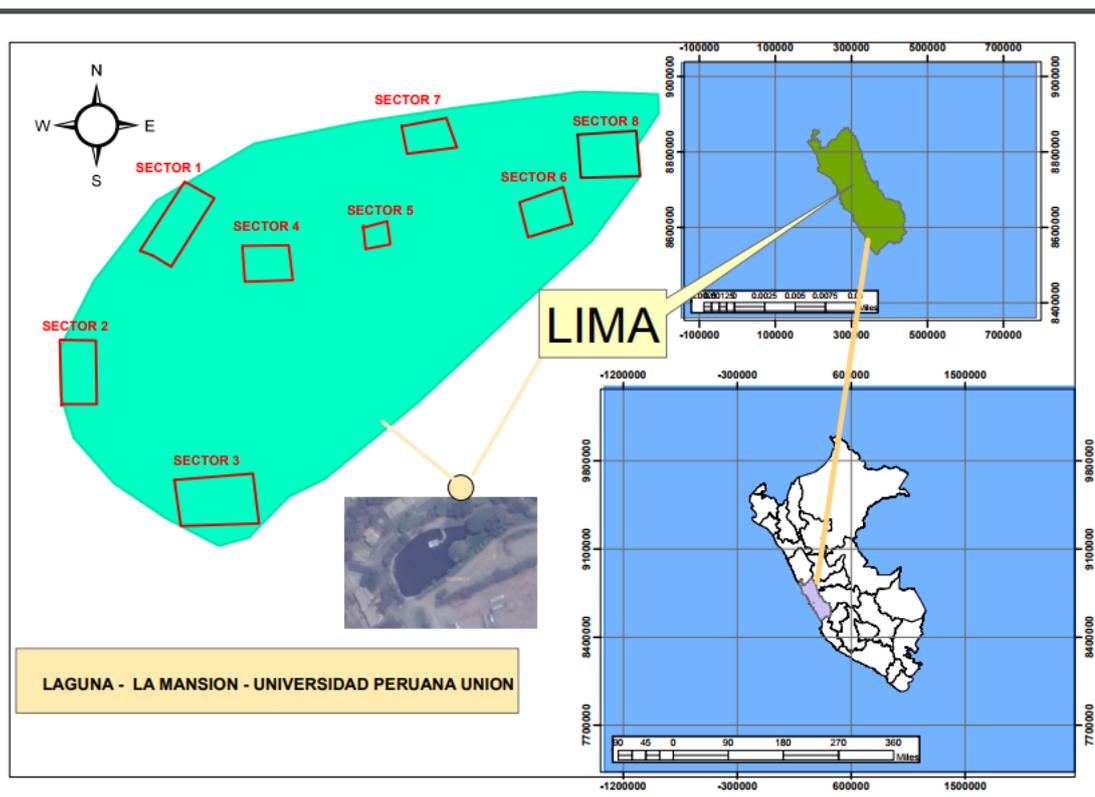


Figura 1 Sectores de colocación de mallas

### 2.3. Datos para identificación

El método empleado para identificar cianobacterias tuvo como base un catálogo con las principales fotos de cianobacterias así se compara, se observa y se registra a que género pertenece Para esto se toma en cuenta los principales géneros de cianobacterias de agua dulce que son: *Coelosphaerium*, *Microcystis*, *Woronichinia*, *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanizamenon*, *Cylindrospermopsis*, *Raphidiopsis*, *Limnithrix*, *Planktothrix*.

#### 2.3.1. Colocación de mallas estándares en cada punto específico

Para tener un mejor control de la laguna, se muestrea en 8 puntos específicos los cuales están repartidos equilibradamente, estas mallas tienen el objetivo de capturar en su superficie diferentes tipos de protozoos y lo más importante que la cianobacteria pueda crecer en esta malla, la malla estándar es de 20 cm x 20 cm de longitud hilo nailon de 2 metros que ira bien asegurado a las mallas.



Figura 2 Malla siendo sometida la superficie de la laguna.

### 2.3.2. *Recolección de muestras*

Para este paso, el proceso es un poco más fácil, pero se debe tomar en cuenta medidas de bioseguridad, siempre estar bien protegidos con guantes y mascarilla, pues se sabe que algunas cianotoxinas pueden liberar esporas tóxicas, solo tenemos que sacar la malla de la laguna, luego en una botella de vidrio de 225 ml previamente esterilizada y llenada con agua de ese mismo punto, lo que hacemos es enjuagar la malla con todo el material orgánico que se encuentre dentro de ella, y así para cada punto hasta obtener las 8 muestras que deseamos.

### 2.3.3. *Toma de parámetros, oxígeno y pH*

Con el uso de un Oxímetro y el papel pH se obtienen los datos de cada uno de los puntos, ya que son de mucha importancia para saber qué condiciones favorecen al desarrollo de las cianobacterias.

Por tal motivo se utiliza la siguiente tabla, con el objetivo determinar si el Oxígeno Disuelto está beneficiando o perjudicando al ecosistema acuático en estudio.

Tabla 5 Rangos de concentración de Oxígeno disuelto y consecuencia ecosistémicas frecuentes.

[OD] mg/L	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles [OD] adecuadas para la vida de la gran mayoría de
5-8	Aceptable	Especies de peces y otros organismos acuáticos
8-12	Buena	
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

Fuente: Guillermo Goyenola; 2007

#### **2.3.4. Observación microscópica de las muestras**

Finalmente se filtra el agua de la laguna en un matraz, con la ayuda de un papel filtro, o también se puede agitar muy bien la botella llena de agua, y con la ayuda de una pipeta de plástico, se saca una pequeña muestra, esta muestra la llevamos a una lámina portaobjeto que posteriormente será estudiada en un microscopio.

##### **2.3.4.1. Tinción Gram para diferenciar cianobacterias de algas**

Las cianobacterias son bacterias Gram Negativas, por lo que si deseamos diferenciarlas de las algas, necesitaremos hacer tinción Gram que consiste en teñir las muestras con diferentes colorante que permiten teñir su pared celular y diferenciarla.

##### **2.3.4.2. Tinción con azul de metileno para una mejor vista a su estructura**

Para tener una mayor seguridad de la presencia de la cianobacteria, se agregará Azul de Metileno a la muestra antes de observarlo en el microscopio, esta tinción nos permite ver con una mayor nitidez la estructura de las cianobacterias y así diferenciar mejor su género.

#### **2.4. Análisis estadístico**

Es necesario que parte de los resultados más resaltantes sean analizados, para buscar relación entre las variables trabajadas.

En el desarrollo de la ciencia en general y en especial en el de las ciencias biológicas, el conocimiento de la metodología estadística es una arma imprescindible para la obtención, análisis e interpretación de todos los datos que proceden de las observaciones sistemáticas o de experimentaciones proyectadas específicamente para conocer los efectos de uno o varios factores que intervienen en los fenómenos bajo estudio. (Castillo & Cortez, 2007)

Este trabajo de investigación contiene variables cualitativas, es por ello que, se utiliza la técnica de la prueba de Chi-cuadrado.

### **3. Resultados y Discusión**

#### **3.1. Captura de microorganismos y partículas suspendidas en el agua**

A las 24 horas las mallas presentan ligeras manchas a visión macroscópica lo que se ha capturado son residuos de plantas maderitas pajitas y un poquito de algas.



*Figura 3* Observación de mallas a las 24 horas

A las 72 horas en ciertos puntos especialmente a las orillas como es el punto 7 seis y ocho se capturaron más partículas suspendidas en el agua y microorganismos.



*Figura 4* Acumulación de microorganismos y partículas suspendidas en el agua en la malla del punto 6

Después de tres semanas todos los puntos presentan coloración verdosa y como posteriormente lo comprobamos en laboratorio tienen cianobacterias. La mallas se ven como las del punto 8 que se aprecia en las *figura 5*.



*Figura 5* Malla del punto 8 después de tres semanas

Con la captura de estas mallas se aseguró tener más muestra para observar, y que no solo se tomó un punto reducido si no que con este método se captura todo lo que pueda estar por lo menos en un metro cuadrado de acuerdo al movimiento que tenga la malla. Así los resultados para muestra se plasman en la *figura 6*. Botella con contenido lista para llevar a ser observada.



Figura 6 Botellas de 225 ml con muestra representativa para ser observada al microscopio.

### 3.2. Cianobacterias identificadas en la laguna “La Mansión”

En la laguna de la mansión se encontraron diferentes géneros de cianobacterias en diferentes puntos

Tabla 6

*Cianobacterias encontradas en los puntos ubicados en la laguna*

Géneros de cianobacterias	<i>Aphanizamenon</i>	<i>Anabaena</i>	<i>Limnothrix</i>	<i>Microcystis</i>	<i>Planktothrix</i>	<i>Raphidiopsis</i>
Punto 1	NO	SI	NO	SI	NO	NO
Punto 2	NO	NO	SI	NO	NO	NO
Punto 3	SI	NO	NO	NO	NO	NO
Punto 4	NO	NO	NO	NO	NO	SI
Punto 5	NO	NO	NO	NO	SI	NO
Punto 6	NO	SI	NO	NO	NO	NO
Punto 7	NO	SI	NO	NO	NO	NO
Punto 8	NO	SI	NO	NO	NO	NO

La principal cianobacteria encontrada fue la especie de la Anabaena que se encontró en los puntos más verdosos, además de cianobacterias abundan protozoos, como es el caso de *Stentor* identificado en el punto 7 y 6.

### 3.3. Resultado de la tinción Gram para diferenciar algas de cianobacterias

En el punto uno se encontró una zona muy verdosa y al tomar las muestras se presenta la pregunta si es cianobacteria o alga, es por ello que a través de la técnica de tinción Gram determinamos que las muestras contenían cianobacterias ya que se tornaron rosas confirmando que son Gram negativas, también se encontraron algas, pero se sabe cianobacterias conviven con estas.



Figura 7 Muestra del punto 1 sometida a tinción Gram

### 3.4. Medición de parámetros de oxígeno, pH y temperatura

Tabla 7

Tabla con los datos de pH y OD de la laguna de la mansión.

Sectores de la laguna	Ph de la laguna	OD de la laguna	Temperatura
Sector 1	6,5	15,3	27.3 °C
Sector 2	7,0	13,0	27 °C
Sector 3	6,5	13,5	26.4 °C
Sector 4	6,5	16,5	25.5 °C
Sector 5	6,5	15,2	24.8 °C
Sector 6	7,0	9,4	24.4 °C
Sector 7	7,5	11,8	25.8 °C
Sector 8	7,5	10,1	26.3 °C

Nota: OD= Oxígeno Disuelto

Estos datos fueron tomados entre las 9 y 10 de la mañana ya entrando a estación de verano (Lima-Perú) por lo que el sol intenso sube la temperatura del agua. Además, beneficia a las cianobacteria para que esta pueda realizar fotosíntesis.

### 3.5. Resultados estadísticos

#### 3.5.1. Análisis entre Cianobacterias de agua dulce y Orden a la que pertenece

Tabla 8

Tabla de contingencia entre la variable de Género de Cianobacteria y Efecto de la Cianobacteria en agua dulce.

<b>Especie de Cianobacteria*Efecto de las cianotoxinas en el agua tabulación cruzada</b>				
Especie de Cianobacteria	Efecto de las cianotoxinas en el agua		Olor desagradable	Total
		Toxicidad		
Especie de Cianobacteria	6	0	0	6
Anabaena	0	1	0	1
Aphanizamenon	0	0	1	1
limnothirix	0	1	0	1
microcystis	0	1	0	1
Planktothrix	0	1	0	1
raphidiopsis	0	1	0	1
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>12</b>

Tabla 9

Resultado de hacer la prueba de chi cuadrado, siendo el valor del Sig. Menor a 0.5.

<b>Pruebas de chi-cuadrado</b>			
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	24,000 <sup>a</sup>	12	.020
Razón de verosimilitudes	22.042	12	.037

Al tener el valor del Sig. (0,020), el cual es menor al nivel de significancia de 0, 5, se ha comprueba la dependencia de la variable de Efectos de cianotoxinas a la variable de Género de cianotoxinas.

Entonces se concluye estadísticamente que el género de cianobacterias *Aphanizamenon*, es la que causa el mal olor en la laguna de la “Mansión”, y los géneros *Anabaena*, *Limnothirix microcystis*, *Planktothrix*, *raphidiopsis*, son las que causan la toxicidad en la laguna.

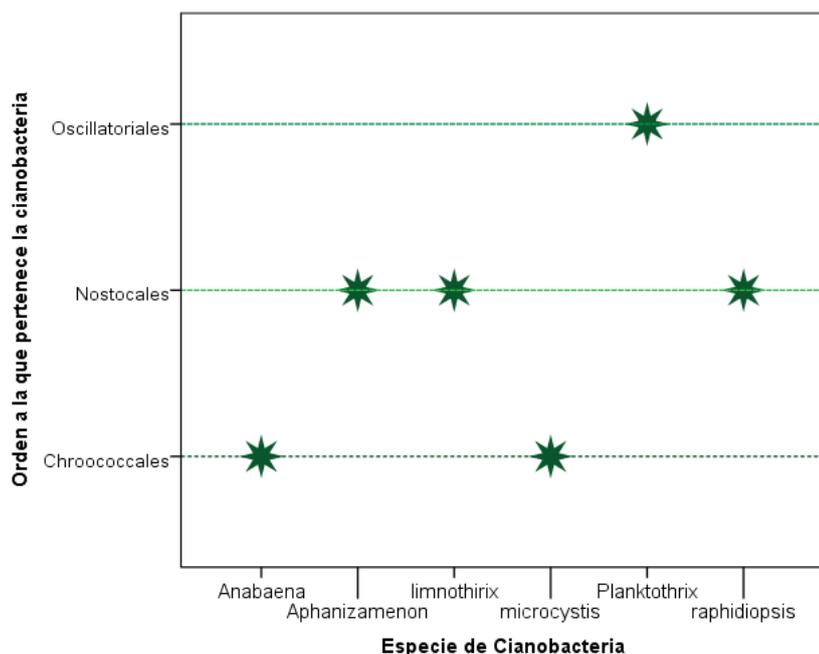


Figura 8 Gráfica donde se muestra la relación que hay dos variables cualitativas.

### 3.5.2. Análisis entre pH y OD de la laguna

Tabla 10

Datos estadísticos sobre la tendencia de correlación que siguen las variables.

		Correlaciones	
		pH de la laguna Mansión	Oxígeno disuelto de la laguna
pH de la laguna Mansión	Correlación de Pearson	1	<b>-,785*</b>
	Sig. (bilateral)		.021
Oxígeno disuelto de la laguna	Correlación de Pearson	<b>-,785*</b>	1
	Sig. (bilateral)	.021	

Al tener el valor de correlación de Pearson negativa como -7,85, se determina que al 95% de nivel de confianza, se acepta los datos pertenecientes a una correlación negativa fuerte, además el tipo de relación que tienen ambas variables son inversamente proporcionalmente, esto se puede ver claramente en el siguiente grafico de dispersión de puntos lineal negativo.

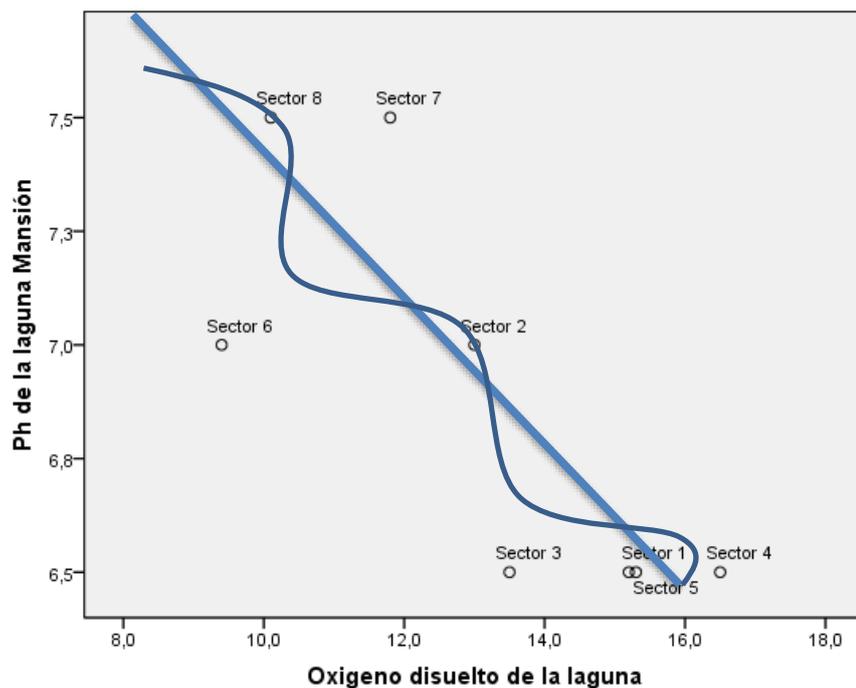


Figura 9 La siguiente grafica nos muestra que la dispersión de puntos sigue una correlación lineal negativa fuerte.

### 3.5.3. *Discusión*

Los 6 géneros de Cianobacterias encontrados en la alguna de “La Mansión” son los más frecuentes en ecosistemas de agua dulce, se confirma que estas cianobacterias son las responsables de fijar nitrógeno y aportar oxígeno al ecosistema local, es por ello que hay una pequeña diversidad acuática y fauna, pues estas cianobacterias son la base primordial de la cadena trófica, debido a que son las que inician el proceso trófico (J, 2001).

Además el género Anabaena de las cianobacterias son las que más abundan en esta laguna, pues estas son capaces de soportar temperaturas extremas de hasta 70° C (Susana, 1999), por lo que si no hay un buen manejo o control de las aguas de esta laguna, es seguro predecir la eutrofización de esta laguna, ocasionando la muerte de especies acuáticos que actualmente interactúan con esta cianobacteria, tales como los peces tilapia, una tortuga, y una gran variedad de protozoos.

El Stentor es un ciliado que abunda en la laguna de la Mansión, pues durante los análisis para identificar las especies de cianobacterias, este protozoo aparece en cantidades significativas, siempre cerca de las 6 especies de cianobacterias identificadas, según (Guillen, 2010), la relación que hay entre el Stentor y las cianobacterias es una relación inter específica comensalista, pues mientras las cianobacterias junto con otras bacterias descomponen la materia orgánica, los stentors son los más beneficiados porque ellos son los que se alimentan de la descomposición orgánica, los cuales les ofrece proteínas y azúcares.

Una de las técnicas que se puede usar para evitar el afloramiento de las cianobacterias, es de manera biológica, mediante el uso de bacterias que lisan las células de las cianobacterias, estas bacterias son denominadas actinobacterias, y el género Actinomicetos Streptomyces es una actinobacteria que puede actuar produciendo factores antibióticos y agentes líticos, para un control biológico en la inhibición de las cianobacterias, mediante el uso de pajas de cebada donde hay una amplia gama de microorganismos que producen sustancias antimicrobianas, las cuales producen una muerte del 50% de las cianobacterias que pertenecen al género de

Anabaena, Microcystis y Oscillatorias (Cobo, 2015), permitiendo un mejor manejo natural frente a la problemática que produce el excesivo crecimiento de las cianobacterias.

Las cianobacterias tienen la capacidad de adaptarse diferentes ambientes, según las condiciones que se le presenten, es por ello que (Pompeo, Moschini, & Yuri, 2015) menciona, que en la represa Billings y en el río Taquacetuba, Sao Paulo-Brasil, las cianobacterias son consideradas discriminadoras de la calidad del agua, debido a que cianobacterias como *Raciborskii* y *Pagardhii* pueden soportar poca luz solar, y alimentarse de amonio para subsistir y seguir reproduciéndose en el agua, además considera a *Microcystis* y a la *Planktothrix*, como cianobacterias discriminadoras de la calidad de agua, siendo estas identificadas en la laguna de la Mansión.

La presencia de los peces *Tilapia* en la laguna de la Mansión, nos muestran que ellos son parte también de la cadena trófica que es iniciada por las cianobacterias, según (Quiros, Rennella, Boveri, Rosso, & Sosnovsky, 2002), las lagunas verdes y turbias que presentan floraciones de algas y cianobacterias tienen presencia de peces planctívoros como es el caso de la *Tilapia*.

#### 4. Conclusiones

Finalmente se identificó seis tipos de cianobacterias presentes en la laguna de la Mansión, las cuales causan un efecto en el ecosistema acuático, como el mal olor en la laguna causado por la cianobacteria de género *Aphanizamenon*. Los géneros hallados en más de 50% producen cianotoxinas, lo que indica una producción excesiva en el ecosistema acuático. El oxígeno en la laguna indica saturación ligera, en algunos puntos más que en otros, las condiciones que está tomando la laguna preparan un ambiente apto para la sobrepoblación de cianobacterias lo cual generaría una eutrofización que sería causante de la muerte acuática de los seres vivos macroscópicos.

#### Recomendaciones

Se recomienda realizar monitoreos constantes para disminuir la posibilidad de eutrofización del agua, asimismo se realizaría una cuantificación de la diversidad de las cianobacterias, mediante el índice de Shannon y Simpson.

#### Referencias

- Almanza, V., Parra, O., De Carlos Bicudo, C. E., Baeza, C., Beltran, J., Figueroa, R., & Urrutia, R. (2016). Occurrence of toxic blooms of *Microcystis aeruginosa* in a central Chilean (36° Lat. S) urban lake. *Revista Chilena de Historia Natural*, 89, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40693-016-0057-7>
- Alonso, C. D. E. H., Vill, L., Fuente, D. E. L. A., Mart, D., Pozo, D. E. L., Bueno, L. C., ... Avil, J. (2008). Problemas de las cianobacterias en aguas de recreo y aguas de consumo, 63–69.
- Cabrera, D. (2011). *Evaluación de la relación entre las densidades poblacionales de cianobacterias (microcystis sp, anabaena sp, oscillatoria sp.) y las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos: nitratos y fosfatos en el lago de amatitlán, guatemala durante los meses. universidad de san carlos de guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Retrieved from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_3113.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3113.pdf)
- Castillo, J., & Cortez, K. (2007). Estadística & investigación Papel de la estadística en la investigación

- científica (Role of statistics in scientific research). *InnOvaciOnes de NegOciOs*, 4(1), 107–145. <https://doi.org/ISSN 1665-9627>
- Cobo, F. (2015). Métodos de control de las floraciones de cianobacterias en aguas continentales . *AIL*, (August). Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Fernando\\_Cobo/publication/278962250\\_Metodos\\_de\\_control\\_de\\_las\\_floraciones\\_de\\_cianobacterias\\_en\\_aguas\\_continentales/links/55c881b208aeca747d66c6c5/Methodos-de-control-de-las-floraciones-de-cianobacterias-en-aguas-continentales.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Cobo/publication/278962250_Metodos_de_control_de_las_floraciones_de_cianobacterias_en_aguas_continentales/links/55c881b208aeca747d66c6c5/Methodos-de-control-de-las-floraciones-de-cianobacterias-en-aguas-continentales.pdf)
- Cruz, M., Carbo, N., Gonzales, J. L. L., Tito, G. M., Depaz, K., Torres, S., ... Quispe, W. (2016). Tratamiento De Las Aguas De La Laguna “ Mansión ” Mediante La Especie *Eichhorniacrassipes* , Para El Riego De Áreas Verdes En La Universidad Peruana Unión. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 9(8), 53–65. <https://doi.org/10.9790/2380-0908025365>
- Determinantes, C., & La, A. D. E. (2011). *Como determinantes ambientales de la salud edición 2011 serie: temas de salud ambiental n° 5 departamento de Salud Ambiental*.
- Espósito, M. E., Blanco, M. C., Sequeira, M. E., Paoloni, J. D., Fernández, S. N., Amiotti, N. M., & Díaz, S. L. (2016). Natural pollution (As, F) and eutrofication (N, P) in the basin of El Divisorio stream, Argentina. *Phyton*, 85(2016), 51–62.
- González-piana, M. (2012). Efecto de la intensidad lumínica y la temperatura sobre el crecimiento y la morfología de dos cianobacterias filamentosas formadoras de floraciones. *Facultad de Ciencias UDELAR*. Retrieved from <http://www.bib.fcien.edu.uy/files/etd/resumen/uy24-16101R.pdf>
- Guillen, A. (2010). La biodiversidad oculta. *Paginas de Informacion Ambiental*, 24–29. Retrieved from <http://www.biodiversidad.org/publicaciones/16101R.pdf>
- Hidrol, P. (n.d.). *Cianobacterias Planctónicas del Uruguay*.
- J, R. (2001). Detección de cianobacterias y sus toxinas . Una revisión. *Toxicologia*, 1, 65–71. Retrieved from <http://www.accede.org/papers/cianobacterias.pdf>
- Lake, S., Morales, E. A., Rivera, S. F., Vildoza, L. H., Pol, A., Criptogámico, H., ... Box, P. O. (2017). Floración algal nociva ( FAN ) producida por cianobacterias en la laguna Alalay , Cochabamba ,. *Universidad Catolica Boliviana San Pablo*, 8, 50–75. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/318681746\\_Floracion\\_algal\\_nociva\\_FAN\\_producida\\_por\\_cianobacterias\\_en\\_la\\_laguna\\_Alalay\\_Cochabamba\\_Bolivia\\_Harmful\\_algal\\_bloom\\_HAB\\_produced\\_by\\_cyanobacteria\\_in\\_Alalay\\_Shallow\\_Lake\\_Cochabamba\\_Bolivia](https://www.researchgate.net/publication/318681746_Floracion_algal_nociva_FAN_producida_por_cianobacterias_en_la_laguna_Alalay_Cochabamba_Bolivia_Harmful_algal_bloom_HAB_produced_by_cyanobacteria_in_Alalay_Shallow_Lake_Cochabamba_Bolivia)
- Leda, G. (2011). *Como determinantes ambientales de la salud edición 2011 serie: temas de salud ambiental n° 5 departamento de Salud Ambiental* (Ministerio). Buenos Aires. Retrieved from <http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000000334cnt-05-Cianobacterias.pdf>
- Para, C., & Personal, E. L. (2015). Cianobacterias como determinantes ambientales de la salud. *Ministerio de Salud, primera*.
- Pompeo, M., Moschini, C., & Yuri, P. (2015). A comunidade fitoplanctônica como discriminador da qualidade da água na represa Billings (são paulo, sp). *Ecologia de Reservatórios E Interfaces, São Paulo : Instituto de Biociências Da Universidade de São Paulo*, 49–58. Retrieved from [http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap.\\_3\\_Comunidade\\_fitoplanctonica.pdf](http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._3_Comunidade_fitoplanctonica.pdf)
- Quirós, R., Renella, A. M., Boveri, M. B., Rosso, J., & Sosnovsky, A. (2002). Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral*, 12, 175–185.
- Quiros, R., Rennella, A., Boveri, M., Rosso, J., & Sosnovsky, A. (2002). Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Azociacion Argentina de Ecologia*, 175–185. Retrieved from <http://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v12n2/v12n2a11.pdf>

- Ramirez, R., Rojo, M., & Espejel, F. (2007). Remoción de cianobacterias mediante el proceso de flotación por aireación. *Intituto de Ingenieria UNAM*, 2(1), 550–555. Retrieved from [http://web.uaemex.mx/Red\\_Ambientales/docs/congresos/CHIHUAHUA/docs/101-120.pdf](http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/CHIHUAHUA/docs/101-120.pdf)
- Tapia, C. (2015). Caracterización de las toxinas obtenidas de las cianobacterias presentes en los estanques de producción de peces de la estación acuícola de repelón, y el embalse El Guájaro, Atlántico. *Universidad de La Costa 1970*, (137). Retrieved from <http://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/16-INFORME-FINAL-CIANOBICTERIAS.pdf>