



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HONDURAS
ESCUELA DE BIOLOGIA
LABORATORIO DE HIDROBIOLOGÍA
SERVICIO AUTONOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS
DIVISIÓN METROPOLITANA – LABORATORIO DE CONTROL
DE CALIDAD**



Estudio de la Composición del Fitoplancton y de los Parámetros Físicos,
Químicos y Biológicos en el Embalse Los Laureles, Francisco Morazán, durante
Marzo – Agosto 2014

Asesora de Práctica UNAH
MsC. Alba Isbela Hernández

Asesora de Práctica SANAA
Dra. Lourdes Reyes de Nasser

Por:
Jorge Luis Carranza

Tegucigalpa, M.D.C.

15 Agosto 2014

ÍNDICE

Resumen.....	2
Introducción.....	3
Objetivos.....	9
Materiales y Equipo.....	9
Métodos.....	10
Resultados y Discusión.....	14
Conclusiones.....	52
Recomendaciones.....	53
Cronograma de actividades.....	56
Bibliografía.....	57
Anexos.....	59

RESUMEN

Se analizó la composición del fitoplancton presente en el Embalse Los Laureles durante marzo – Agosto del 2014 junto con los parámetros físico - químicos (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y turbiedad) y biológicos (clorofila *a*) con el objetivo de identificar a los organismos fitoplanctónicos que influyen en la calidad del agua del embalse y medir los parámetros mencionados. Se colectaron en los tres puntos del embalse cortina, centro y cola muestras de 100 mL con red de arrastre a nivel sub superficial 20 – 30 cm de profundidad durante dos minutos para análisis cualitativo y con botella de Van Dorn a profundidad Secchi para cuantificar por medio de un contador de células. Se incluyó para hacer comparaciones entre los puntos de muestreo el porcentaje de similitud de Sorensen y también se obtuvo la diversidad utilizando el índice de Shannon.

De acuerdo con el índice de Shannon el centro es donde se registra mayor diversidad de especies con valores de 1.47, 1.57, 2.62, debido a que este punto presenta condiciones lólicas; en la cortina con valores de 1.45, 1.44 y 2.51 y la cola con 0.91, 1.18, 0.89 presentan menor diversidad ya que son sitios donde hay condiciones lenticas.

De los 21 taxa identificados 7 pertenecen a las Cianofíceas, 5 a las Diatomeas y 9 a las Clorofíceas. Durante el tiempo de muestreo las Cianofíceas se encontraron en un 67 %, las Diatomeas en un 26% y Clorofíceas con un 7 %, junto a los perfiles clinógrados de oxígeno y pH, turbiedad elevada en el hipolimnion, baja transparencia de Secchi persistentes en todos los muestreos, e índice de estado trófico con datos del 2011 con un TSI de 58 para disco Secchi, 80 para fósforo total y 68 para clorofila *a*, cuando los valores de TSI > 54 son para lagos eutróficos. Todos estos factores indican características de cuerpos de agua eutróficos. Sin embargo, para extraer conclusiones con mayor exactitud es preciso que se hagan los monitoreos durante todo el año mínimo una vez por mes, para identificar patrones y tendencias que ayuden a predecir los problemas con las floraciones de fitoplancton.

Por ello es necesario y obligatorio que se trabaje a nivel de la Sub cuenca Guacerique dándole un manejo adecuado, para mantener y recuperar el Embalse Laureles tan importante como fuente de agua para potabilización, por medio de un trabajo en conjunto con el Departamento de Cuencas y el laboratorio de Control de Calidad del SANAA, donde los análisis de laboratorio sirvan como un indicador del manejo de la cuenca.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el interés por el estudio del fitoplancton (algas microscópicas) presente en lagos y embalses se ha incrementado significativamente. Esto se debe a que los problemas asociados a su desarrollo excesivo, particularmente de determinadas especies de algas, que pueden limitar el uso recreativo de un cuerpo de agua, afectar su calidad estética y en caso de ser fuente de abastecimiento, también puede provocar inconvenientes en el proceso de potabilización (Rodríguez *et al.* 2008).

El conocimiento taxonómico y ecológico del fitoplancton en cuerpos artificiales de agua, tales como los embalses es relativamente reciente y/o incompleto, por ello se necesitan estudios para comprender el comportamiento y el impacto de estos organismos a través del tiempo (Vila *et al.* 1987).

Es importante mencionar que algunos de los principales efectos de la eutrofización que está definida por la excesiva cantidad de nutrientes presentes en el sistema en particular de nitrógeno y fósforo que promueven el desarrollo de floraciones algales particularmente de cianobacterias y la escasa transparencia del cuerpo de agua (Rodríguez *et al.* 2008).

La gestión para el control de las floraciones de cianobacterias involucra dos aspectos complementarios: la gestión integral del cuerpo de agua y el monitoreo de las poblaciones de cianobacterias y su toxicidad mediante sistemas de vigilancia (UNESCO, 2009).

Según UNESCO (2009), se pueden utilizar dos tipos de medidas para controlar la aparición de floraciones algales: las preventivas o precautorias y las de mitigación o rehabilitación. Las medidas preventivas tienen el objetivo de evitar la ocurrencia de floraciones o problemas asociados. Para ello, es fundamental el mantenimiento de programas de investigación y monitoreo de los ciclos naturales y los cambios asociados a las actividades humanas, previamente a la aparición de las floraciones.

Las medidas de mitigación o rehabilitación se emplean luego de establecida la floración, y tienen como objetivo controlar su desarrollo y disminuir sus efectos dañinos (Chorus y Bartram 1999; Manage *et al.* 2000; Moss 2007, tomado de UNESCO, 2009) buscando mejorar la condición del sistema acuático para asegurar un uso determinado (potabilización, recreación, riego, refrigeración ó navegación).

Tanto la prevención como la mitigación conllevan medidas o procedimientos físicos, químicos y/o biológicos que no son excluyentes y que se pueden clasificar de acuerdo a su escala de aplicación espacial y temporal. Estas involucran desde

medidas a nivel de cuenca con efectos a largo plazo, medidas locales (en el cuerpo de agua) con efectos a mediano y largo plazo, y puntuales, con efectos a corto plazo, dirigidas a aspectos específicos como la remoción directa de la floración establecida (UNESCO, 2009) (Tabla 1).

Tabla 1. Medidas de mitigación (M) y prevención (P) para los nutrientes a nivel de cuenca y embalse.

Escala	Objetivo	Medidas	Objetivo particular	
Cuenca	Reducción de la carga externa de nutrientes y materia orgánica	Desviación de aportes directos y tratamiento de efluentes.	Controlar o disminuir las entradas puntuales de nutrientes al sistema.	M, P
		Mejoramiento del sistema de Saneamiento.	Evitar la descarga de aguas domésticas al sistema.	M, P
		Mantenimiento o recuperación y construcción de bañados en las zonas litorales.	Proteger áreas de filtro natural (o crearlas) para disminuir los aportes difusos y puntuales desde la cuenca.	M, P
Local	Medidas físicas y morfológicas	Recuperación de la morfología y cauce (en ríos).	Disminuir el tiempo de residencia y las zonas de remansos. Recuperar las zonas litorales	M, P
		Mantenimiento o recuperación de márgenes naturales y zona litoral.	Promover el desarrollo de vegetación litoral para estabilizar los sedimentos, oxigenar la zona litoral y aumentar la transparencia del agua.	P
		Re-conexión con tributarios y planicies de inundación	Exportar los nutrientes y la biomasa de cianobacterias, disminuir el tiempo de residencia	M
	Medidas físicas de manejo hidrológico	Control de la frecuencia de descarga de agua por compuertas.	Disminuir el tiempo de residencia.	M

	Mezcla artificial del agua con bombeo para evitar la estratificación	Generar intolerancia para algunas especies (ej. <i>Microcystis sp.</i>)	M
	Disminución del tiempo de residencia del agua mediante el suministro de agua subterránea	Disminuir (por dilución) la concentración de los nutrientes y de la biomasa de cianobacterias	M
	Aplicación de ultrasonido en la zona donde se acumulan las cianobacterias en superficie	Desagregar las colonias de algunas especies (ej. <i>Microcystis sp.</i>) provocando su sedimentación. Método efectivo en escalas espaciales muy reducidas	M
Control de la carga interna de nutrientes	Precipitación del fósforo hacia el sedimento (ej. aluminio).	Evitar la disponibilidad de este nutriente.	M, P
	Entrampamiento de fósforo con columnas de filtración biorreactivas.	Remover el fósforo de la columna de agua.	M
	Renovación del agua (en sistemas cerrados) o aporte de mayor volumen en sistemas fluviales.	Disminuir el tiempo de residencia del agua.	M
	Construcción de islas flotantes de plantas acuáticas para cosecha.	Remover los nutrientes.	M, P
	Remoción de plantas acuáticas previo inicio de descomposición.	Evitar la liberación de nutrientes dentro del embalse por descomposición.	M, P
Control de la carga de nutrientes en el sedimento.	Remoción del sedimento sin vaciamiento (húmeda) o con vaciamiento del sistema (seca).	Eliminar el reservorio de nutrientes atrapado en este compartimento.	M
	Inactivación química del fósforo en el sedimento (ej. oxigenación con aireadores, aplicación de amonio)	Evitar la anoxia que favorece la liberación de nutrientes al agua.	M
Manejo de la	Mantenimiento de	Evitar cambios en la	P

	trama trófica y biomanipulación	trama trófica natural y control de especies invasoras (peces, bivalvos).	trama trófica que favorecen las floraciones o modificar la trama trófica para favorecer la	M
		Manejo de peces (biomanipulación)	eliminación de las cianobacterias o evitar su aparición	

También es importante mencionar las toxinas que producen ciertas cianobacterias (véase la tabla 2, tomado de la UNESCO, 2009).

Tabla 2. Toxinas producidas por algunos géneros de Cianobacterias.

Toxinas	Compuesto	Modo de Acción	Principales Géneros
Hepatotoxinas			
Microcistinas	Heptapéptidos cíclicos (más de 80 variantes)	Inhiben las proteinafosfatasa hepáticas, induciendo la hiperfosforilación de filamentos del citoesqueleto. Daños hepáticos.	<i>Microcystis</i> <i>Planktothrix</i> <i>Oscillatoria</i> <i>Anabaena</i> <i>Nostoc</i> <i>Anabaenopsis</i> <i>Aphanocapsa</i>
Nodularina	Pentapéptido cíclico (aprox. 8 variantes)	Similar a las microcistinas	<i>Nodularia</i>
Cylindrospermopsina	Alcaloide guanidínico cíclico (aprox. 3 variantes)	Inhibe la síntesis proteica. Efecto predominantemente hepatotóxico. Produce severas lesiones necróticas en hígado, riñón, pulmón, bazo e intestino de mamíferos	<i>Cylindrospermopsis</i> <i>Anabaena</i> <i>Cuspidothrix</i> <i>Raphidiopsis</i> <i>Lyngbya</i>
Neurotoxinas			
Saxitoxinas	Alcaloides carbamatos no sulfatados (saxitoxinas), monosulfatados (goniautoxinas) o disulfatados (C-toxinas) (aprox. 20 variantes)	Inhibe la transmisión nerviosa a través del bloqueo de los canales de sodio en las células induciendo parálisis muscular.	<i>Anabaena</i> <i>Cuspidothrix</i> <i>Cylindrospermopsis</i> <i>Lyngbya</i> <i>Raphidiopsis</i>
Anatoxina-a/ Homoanatoxina a	Alcaloides (2 variantes)	Bloquea los receptores nicotínicos y colinérgicos post-sinápticos neuromusculares	<i>Planktothrix</i> <i>Oscillatoria</i> <i>Phormidium</i> <i>Anabaena</i> <i>Cuspidothrix</i> <i>Raphidiopsis</i>

		Mimetizan la acción de la acetilcolina	
Anatoxina-a(s)	Organofosforado natural	Inhibe la actividad de la acetilcolinesterasa, mas tóxica que la anatoxina-a	<i>Anabaena</i>

En los estudios referentes a la calidad del agua no se pueden dejar de monitorear los parámetros, según Rigola (1999), se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: físicos, químicos, biológicos y radiológicos.

Parámetros físicos

Sabor y olor: determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para las cuales no existen instrumentos con los cuales se puedan cuantificar. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl^- , y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO_4 . El CO_2 libre le da un gusto picante. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradables.

Color: es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. Las medidas de color se hacen normalmente en laboratorio, por comparación con un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto, Cl_2Co , y cloroplatinato de potasio y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (Unidades Hazen) o simplemente Pt. Las aguas subterráneas no suelen sobrepasar valores de 5 ppm, pero las superficiales pueden alcanzar varios centenares de ppm.

Turbidez: es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Para medir este parámetro se utiliza el nefelómetro que mide la intensidad de luz difractada al incidir un rayo luminoso sobre las partículas en suspensión y recogida sobre una célula fotoeléctrica.

La unidad nefelométrica (NTU o UNF), la unidad Jackson (JTU), y la unidad de formacina (FTU) se pueden intercambiar a efectos prácticos.

Conductividad: es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. El agua pura contribuye mínimamente a la conductividad, y en su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. El aparato utilizado es el conductímetro y la conductividad se expresa normalmente como microsiemens por centímetro. Para el agua ultra pura el valor de conductividad es de aproximadamente $0.05483 \mu s/cm$

Parámetros Químicos

pH: es una medida de la concentración de iones hidrógeno. También es una medida de la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa que puede afectar a los usos específicos del agua. La mayoría de aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8.

Oxígeno disuelto: la principal fuente de oxígeno libre que mantiene la vida aeróbica es la atmósfera, la otra fuente de oxígeno es la fotosíntesis producida por algas y plantas verdes (Smith y Smith, 2001) y puede ser medido con un oxígenómetro en mg/L o ppm.

Parámetros Biológicos

Clorofila: es el pigmento que le otorga el color verde a las plantas y algas, debido a que, este pigmento absorbe con mayor intensidad las longitudes de onda azul y rojas, reflejando las verdes hacia los ojos del que las ve. La clorofila es la encargada de la conversión de la energía lumínica a energía química utilizable para el metabolismo de las plantas y algas (Karp, 2010).

También cabe mencionar los siguientes conceptos de acuerdo con Smith y Smith 2001, importantes para comprender mejor el presente trabajo:

Composición de especies: es el término que se emplea para incluir tanto el número de especies como su abundancia relativa que definen la estructura biológica de una comunidad.

Abundancia relativa: es una característica que se puede obtener contando todos los individuos de cada especie en una serie de puntos de muestreo.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la composición del fitoplancton en el Embalse Los Laureles entre el periodo de Marzo – Agosto del 2014.

Objetivos Específicos

1. Identificar y cuantificar los organismos fitoplanctónicos que influyen en la calidad del agua del Embalse Los Laureles.
2. Medir los parámetros físico – químicos durante los muestreos quincenales (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y turbiedad) y biológicos (clorofila a) del Embalse Los Laureles para su graficación e interpretación.
3. Elaborar catálogo con los organismos fitoplanctónicos identificados en el Embalse Los Laureles.
4. Realizar muestreos en las diferentes fuentes de agua que tiene el SANAA en la Sub Cuenca Guacerique.
5. Elaborar una base de datos con los parámetros obtenidos en el campo y también con datos de años anteriores.

MATERIALES Y EQUIPO

Materiales

- Agua destilada
- Lugol
- Cubre objetos
- Porta objetos
- Jabón
- Aceite de inmersión
- Frascos de 100 mL
- Papel Toalla
- Pipeta
- Gotero
- Acetona 90 %
- Mortero
- Pistilo
- Gradilla
- Tubos de ensayo
- Papel aluminio
- Frasco de 1 L
- Filtros de 47 mm y 0.45 μm

Equipo

- Red de arrastre La Motte
- Botella muestreadora de Van Dorn

- Microscopio óptico
- Contador de células
- pH metro (Multi 350 i)
- Oxígenometro (Multi 350 i)
- Turbídmetro (HACH 2100 P Turbidimeter)
- Conductímetro (Multi 350 i)
- Hielera
- GPS (Garmin)
- Computadora
- Bomba de vacío eléctrica (Millipore)
- Espectrofotómetro (Génesis 6)
- Centrífugadora (Cole Parmer)
- Disco Secchi
- Metro

MÉTODOS

Área de Estudio

El Embalse Los Laureles se encuentra en la Subcuenca del Río Guacerique, al suroeste de Tegucigalpa en las coordenadas 14°03'40" y 14°06'40" latitud norte, y 87°14'51" y 87°14'23" longitud oeste. La Subcuenca tiene una extensión aproximada de 210 km², mientras que el embalse tiene un área de aproximadamente 1 km². El embalse fue construido en los años 70 (1976-1978), por parte del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 12 millones de m³ y cubre el servicio de agua para el 30% de la población, dentro del cual se incluye el centro de Comayagüela una de las áreas más populosas de la ciudad (Tavera, 2013).

Según Tavera (2013), este embalse es el más vulnerable hoy en día, ya que está sujeto a presiones de urbanización incontrolada en sus alrededores, de contaminación y sedimentación en su fondo, limitando con esto la capacidad de almacenamiento del recurso hídrico.

En la Fig. 1 se observan los puntos de muestreo.

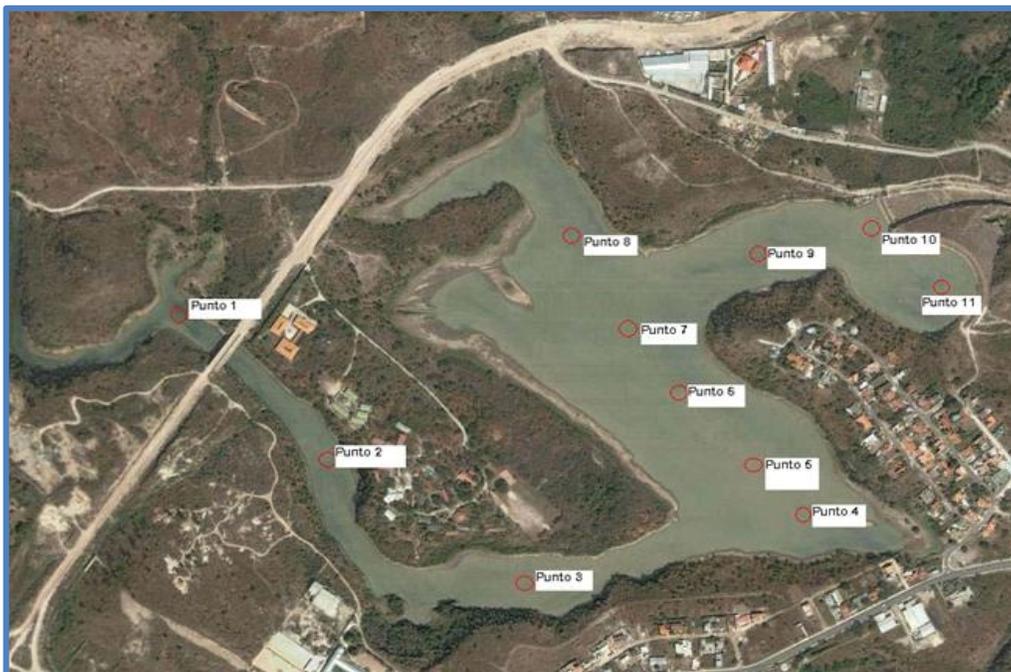


Figura 1. Los puntos de muestreo equivalen al punto 11 Cortina, punto 7 centro y punto 2 cola.

En cuanto a los nutrientes como el O-PO₄ y NO₃ se analizaron por el personal técnico del SANAA.

Trabajo de Redacción

Se emplearon datos del 2011 tomados del trabajo de Agüero (2013), para obtener un índice de estado trófico de Toledo para lagos tropicales, siguiendo el estudio de Studer (2007), donde aplicó valores de disco Secchi (m), fósforo total (mg/m³) y clorofila a (mg/m³) utilizando las siguientes formulas:

$$TSI (PT) = 10 * \{6 - [\ln (80,32 / PT) / \ln 2] \}$$

$$TSI (Cl-a) = 10 * \{6 - [(2,04 - 0,695 \ln (Cl-a)) / \ln 2] \}$$

$$TSI (TS) = 10 * \{6 - [(0,64 + \ln(TS) / \ln 2)] \}$$

TSI: índice de estado trófico ideal

Cl-a: Clorofila-a en (mg/m³)

PT: Fósforo total en (mg/m³)

TS: Transparencia Secchi en (m)

Toledo: O: TSI<44; M: 44<TSI<54, E: TSI>54

E: eutrofico, M: mesotrofico, O: oligotrofico, UO: Ultraoligotrofico, HE: hipereutrofico

También se emplearon los siguientes índices tomados de Smith y Smith (2001) (tabla 3):

- **Índice de diversidad de Shannon**

Donde:

H: Diversidad de especies.

S: número de especies.

P_i: proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la especie i. (n_i/N)

n_i: individuos de la especie i

N: número de individuo totales.

Tabla 3. Cálculo para el índice de Shannon

Especie	ni	Pi (ni/N)		-H
1.			Log pi/ log 2	Pi * pi
2.				
3.				
	Total= N			Total= índice de diversidad

Este índice se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5 (Emanuelli, 2010).

- **Porcentaje de similitud (PS) de Sorensen:** se tabula la abundancia de especies en cada punto de muestreo como un porcentaje. Luego se calcula la suma del menor valor de porcentaje para cada especie que los puntos de muestreo comparados tengan en común.

Una vez obtenidos los datos de campo y de laboratorio se procedió a su digitalización, graficación e interpretación presentándolos en un informe final y la elaboración de un catálogo con los organismos identificados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer muestreo quincenal, en cuanto al fitoplancton se pueden observar los resultados en la tabla 4 y figura 2, donde predominaron las especies *Aulacoseira sp.* y *Melosira sp.*, y el único genero de algas tóxicas encontrado fue *Anabaena*, aunque los niveles son bajos según los índices de la OMS.

Tabla 4. Fitoplancton cuantificado el 20 de marzo 2014.

Filo	Clase	Genero	Especie	Cortina cel/mL	Centro cel/mL	Cola cel/mL
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	<i>Anabaena</i> , Bory 1822	<i>Anabaena sp.</i>	13	34	8
Chlorophyta	Zygnematophyceae	<i>Closterium</i> Nitzsch ex Ralfs 1848	<i>Closterium sp 1.</i>	0	4	0
			<i>Closterium sp 2</i>	0	8	0
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	<i>Coscinodiscus</i> Ehrenberg 1839	<i>Coscinodiscus sp.</i>	17	0	0
		<i>Aulacoseira</i> Th waites	<i>Aulacoseira sp.</i>	34	165	0
		<i>Melosira</i> , Agardh 1824	<i>Melosira sp.</i>	0	186	4

Nivel de Alerta/OMS	Cél/ml
Bajo	< 20,000 cél/ml
Moderado	100,000 cél/ml
Alto	> 100,000 cél/ml

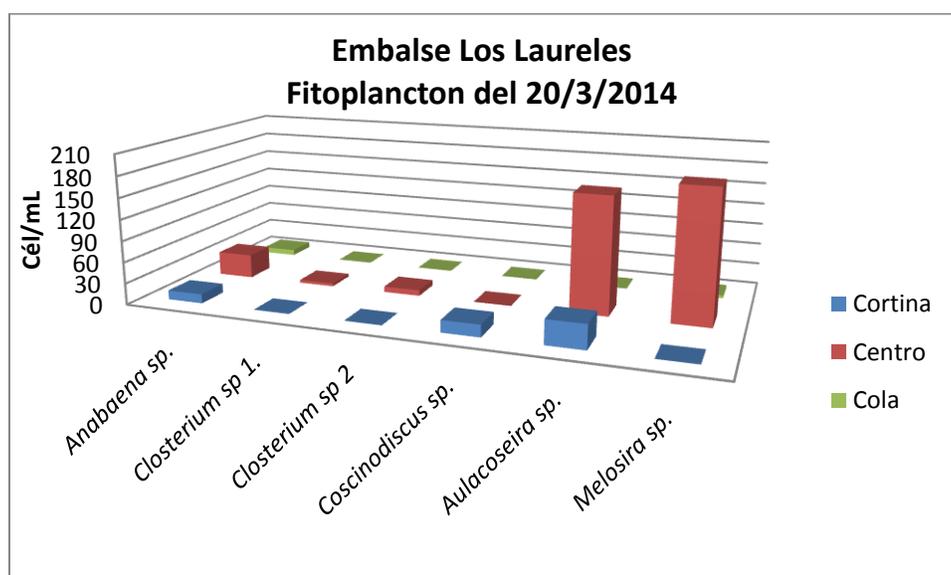


Figura 2. Fitoplancton identificado y cuantificado el 20/3/2014 donde *Aulacoseira sp.* con 41 % y *Melosira sp.* con 47 % fueron las que dominaron, principalmente en el centro del embalse.

- Porcentajes de similitud (PS) para el 20/3/2014 (Tabla 5).

Tabla 5. Abundancia de las especies en porcentaje.

Especie	Cortina %	Centro %	Cola %
<i>Anabaena sp.</i>	20	9	67
<i>Closterium sp 1.</i>	0	1	0
<i>Closterium sp 2</i>	0	2	0
<i>Coscinodiscus sp.</i>	27	0	0
<i>Aulacoseira sp.</i>	53	41	0
<i>Melosira sp.</i>	0	47	33
Total	100	100	100.00

- Porcentaje de similitud cortina – centro

$$\text{PS: } 9 + 41 = \mathbf{50}$$

- Porcentaje de similitud cortina – cola

$$\text{PS} = 20$$

- Porcentaje de similitud centro – cola

$$\text{PS: } 9 + 33 = 42$$

La similitud que hay en la cortina – centro es de 50 % con respecto a la abundancia de las especies de fitoplancton.

- Índice de Shannon:

Cortina: 1.46

Centro: **1.47**

Cola: 0.9

El índice de Shannon indica que para esta fecha el punto de muestreo más diverso es el centro con 1.47, sin embargo la diferencia es muy poca comparado con la cortina con un valor de 1.46.

En la figura 3, se observa la distribución vertical de la temperatura y oxígeno en los tres puntos del embalse, se presenta como un perfil clinógrado para el oxígeno disuelto.

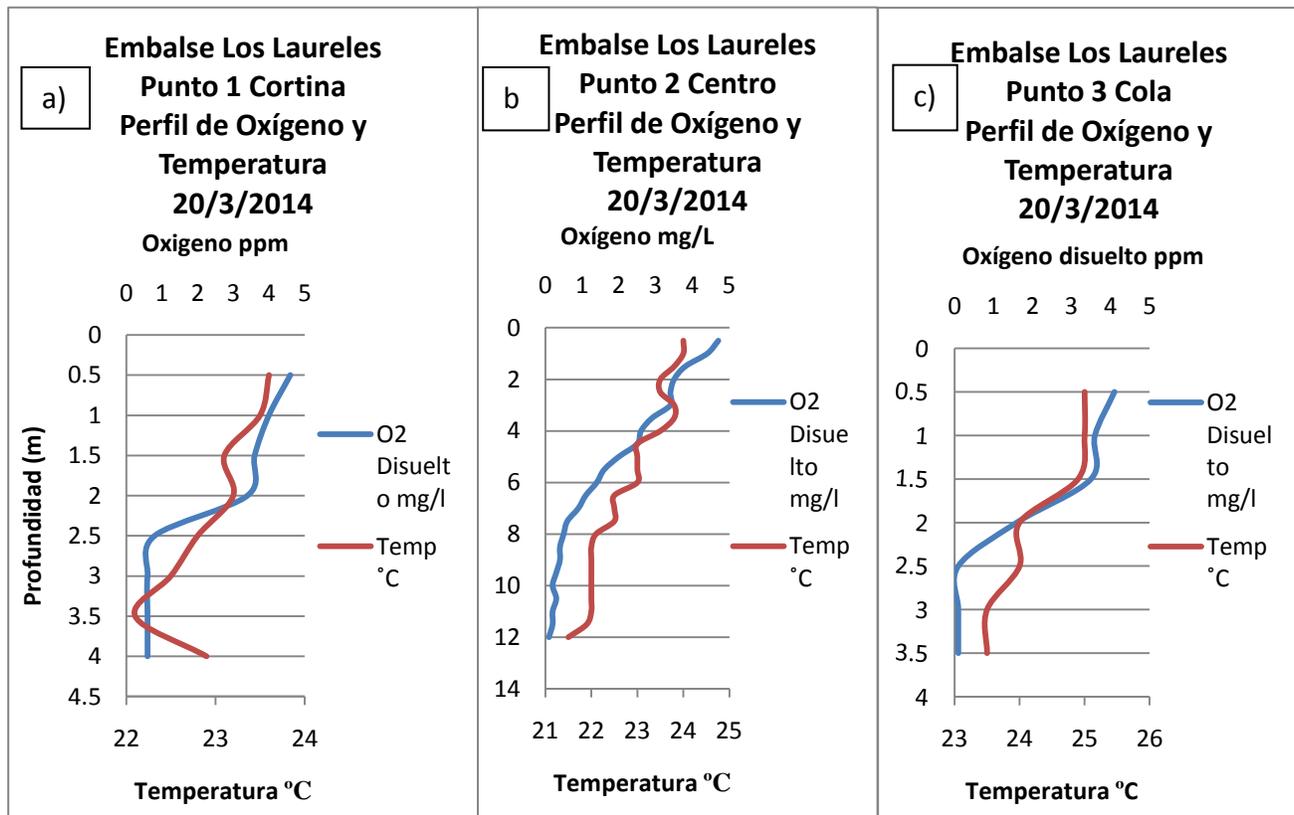


Figura 3. Perfiles de temperatura - Oxígeno 20/3/2014. En a), b) y c) la estratificación térmica ocurre conforme se avanza en profundidad a causa de una menor entrada de luz. En c) se puede observar la termoclina en el metro 1.5-2, esta se define según la (UNESCO, 2009), como: el plano horizontal en la columna de agua donde el cambio de la temperatura con la profundidad es máximo, suficiente como para provocar un cambio abrupto en su densidad y que dificulte su mezcla. En general, la termoclina se produce con una diferencia de 1 °C en un metro. En cuanto al oxígeno disuelto a), b) y c) se puede observar un perfil clinógrado, según Ryding y Rast (1992), a causa de un aporte excesivo de nutrientes en las aguas profundas y según Wetzel (1983), por una descomposición excesiva de materia orgánica y sedimentos en el hipolimnion. Lo contrario es el perfil ortógrado donde el contenido de oxígeno es más alto en el hipolimnion (fondo) característico de cuerpos de agua oligotróficos (pocos nutrientes).

Para el siguiente muestreo, las cantidades de fitoplancton presentan un ligero aumento (tabla 6) (figura 4), pero no alcanzan números que sobrepasen el nivel bajo según la OMS; se puede notar que *Anabaena sp.* sobrepasa los valores de *Aulacoseira sp.* y *Melosira sp.* donde en el muestreo anterior estas dos últimas eran superiores a la primera, esto indica que *Anabaena sp.* comienza a desplazar por competencia ya sea de espacio, luz o nutrientes.

Tabla 6. Fitoplancton encontrado el 3 de abril 2014

Filo	Clase	Genero	Especie	Cortina Cél/mL	Centro Cél/mL	Cola Cél/mL
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	<i>Anabaena</i> , Bory 1822	<i>Anabaena sp.</i>	147	295	163
Bacillariophyta	Coccinodiscophyceae	<i>Aulacoseira</i> Thwaites	<i>Aulacoseira sp.</i>	47	156	26
		<i>Melosira</i> , Agardh 1824	<i>Melosira sp.</i>	86	165	47
Chlorophyta	Zygnematophyceae	<i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs 1848	<i>Staurastrum sp.</i>	0	4	0

Nivel de Alerta/OMS	Cél/ml
Bajo	< 20,000 cél/ml
Moderado	100,000 cél/ml
Alto	> 100,000 cél/ml

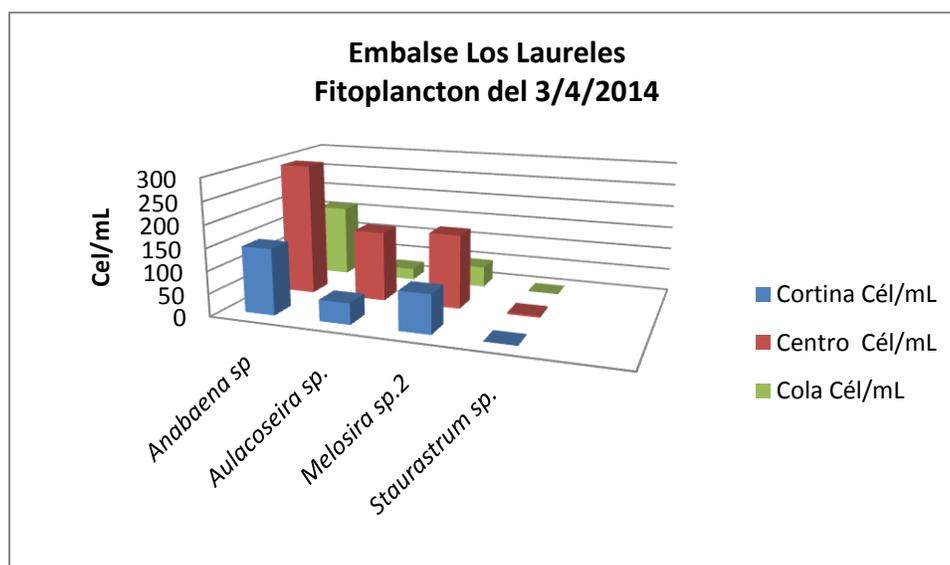


Figura 4. Fitoplancton identificado y cuantificado del 3/4/2014, en donde se nota un desplazo de *Aulacoseira sp.* y *Melosira sp.* por la cianobacteria *Anabaena sp.* Las mayores cantidades se registran para el centro al igual que el muestreo anterior.

- Porcentajes de similitud para el 3/4/2014 (Tabla 7).

Tabla 7. Abundancia de las especies en porcentaje.

Especie	% Cortina	% Centro	% Cola
<i>Anabaena sp</i>	52	47	69
<i>Aulacoseira sp.</i>	17	25	11
<i>Melosira sp.</i>	31	27	20
<i>Staurastrum sp.</i>	0	1	0
Total	100	100	100

- Porcentaje de similitud cortina – centro

$$PS: 47 + 17 + 27 = \mathbf{91}$$

- Porcentaje de similitud cortina – cola

$$PS= 52 + 11 + 20= 83$$

- Porcentaje de similitud centro – cola

$$PS: 47 + 11 + 20= 78$$

La cortina – centro se asemejan en un 91 % con respecto a la abundancia de las especies.

- Índice de Shannon

Cortina: 1.44

Centro: **1.57**

Cola: 1.18

Al igual que en el muestreo anterior el punto de muestreo con mayor diversidad lo representa el centro con un valor de 1.57.

En lo referente a los resultados de los parámetros obtenidos para el 3/4/2014 se pueden observar en las figuras 5, 6, y 7.

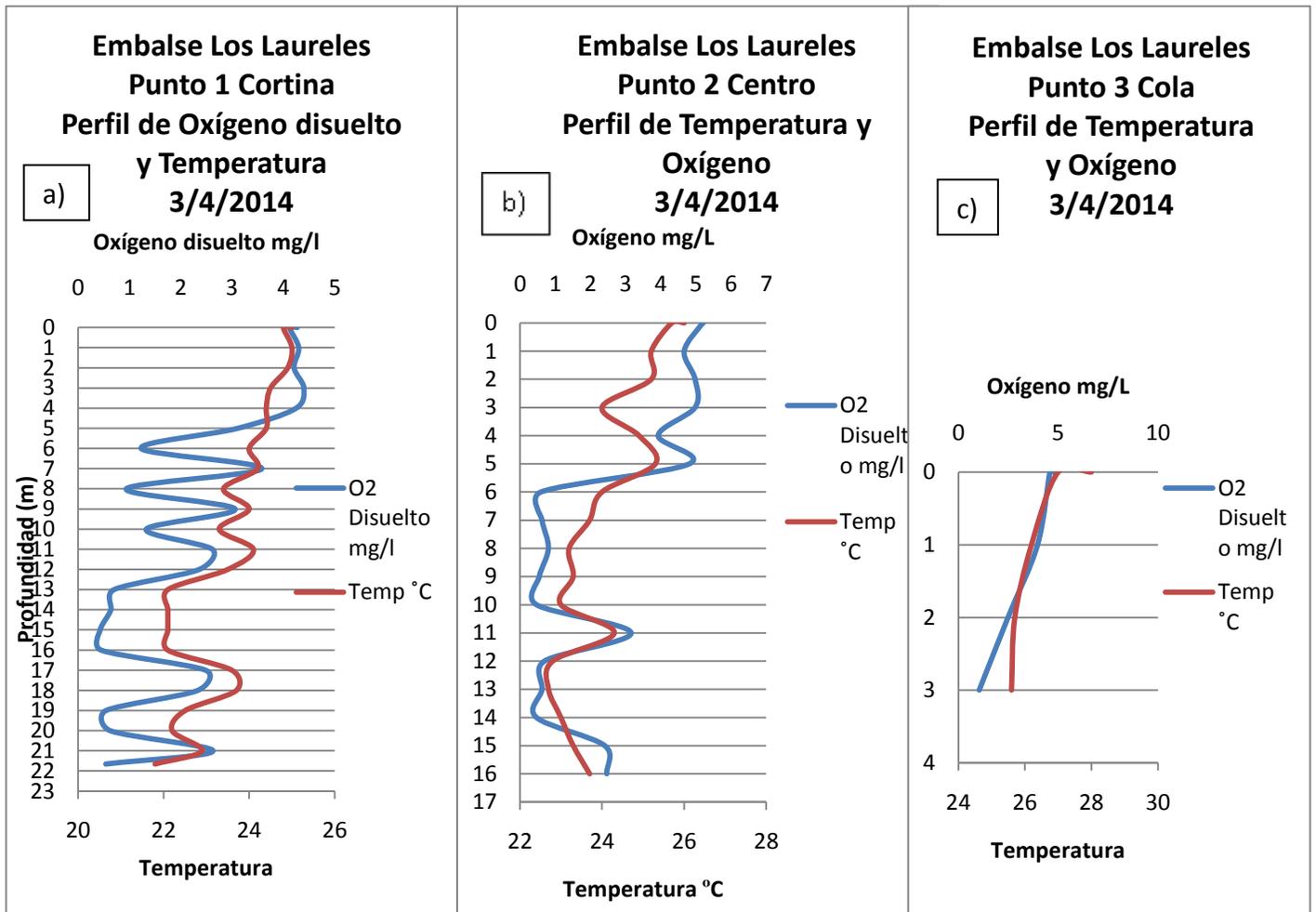


Figura 5. Perfiles de oxígeno disuelto – Temperatura 3/4/2014. En a), b) y c) se puede observar una estratificación térmica y perfiles de oxígeno disuelto más fluctuantes que en el muestreo anterior, pero sigue siendo un perfil clinógrado de oxígeno.

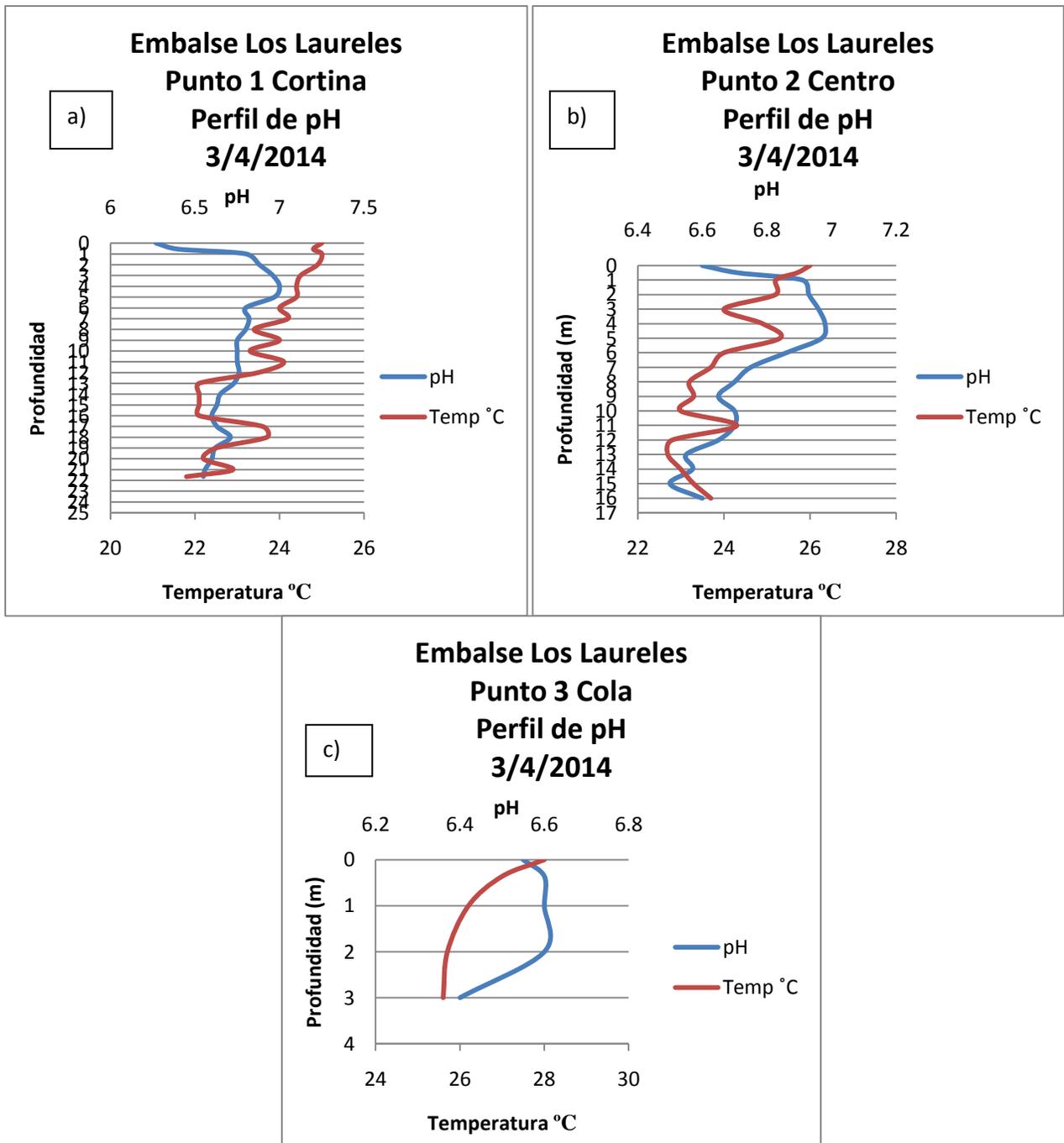


Figura 6. Perfiles de pH 3/4/2014. En a), b) hay una máxima de pH entre el metro 1 – 6 a este tipo de estratificación se le denomina heterograde positiva. c) También presenta un perfil heterograde positivo.

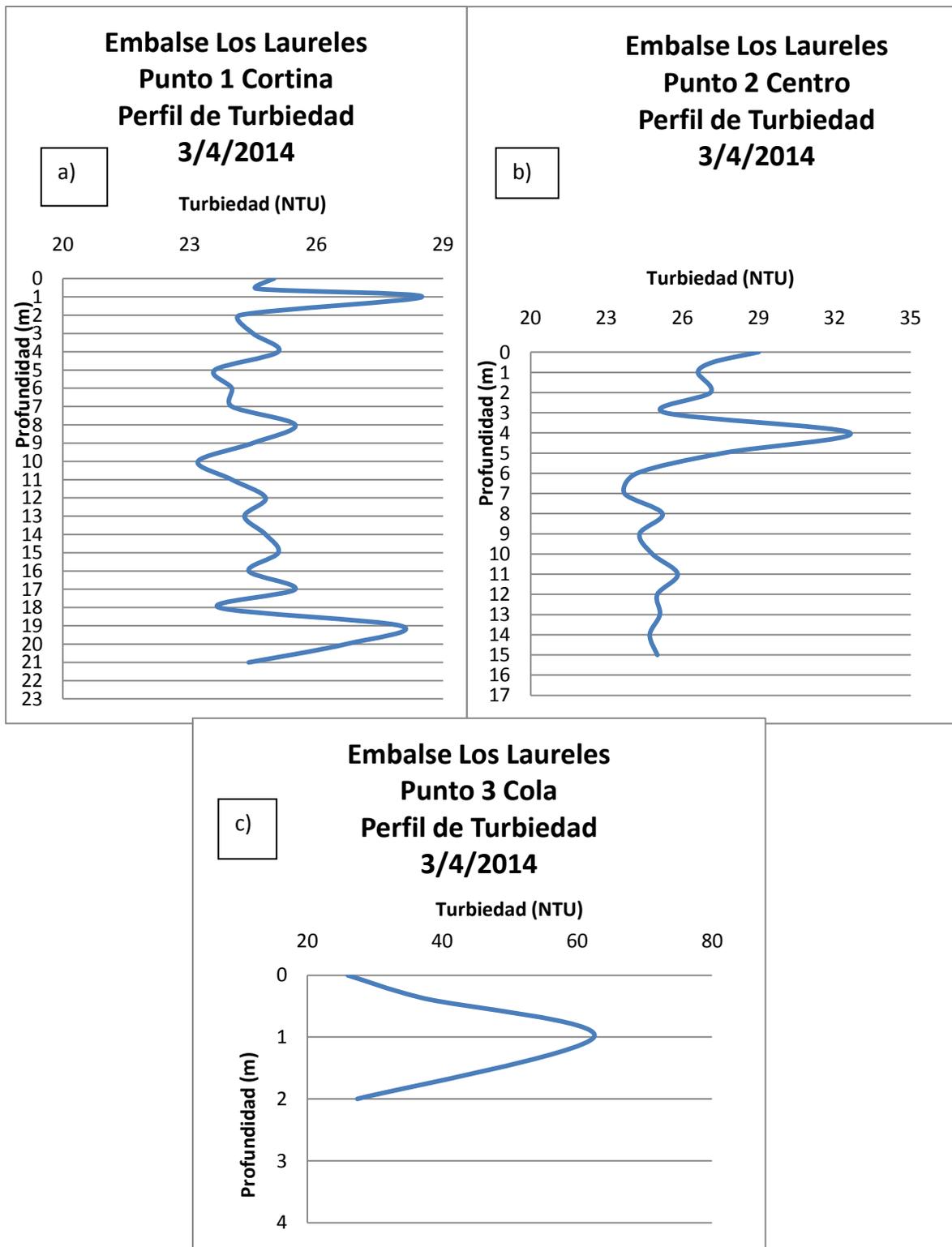


Figura 7. Perfiles de Turbiedad 3/4/2014. La turbiedad presenta valores más altos con respecto a toda la masa de agua en los lugares donde hay mayor cantidad de material particulado.

El problema de las cianobacterias como la *Anabaena sp.*, al morir liberan sus toxinas en el agua, causando problemas de intoxicación a organismos (zooplancton, peces, ganado) que circulan por estas zonas, interfiriendo así en la cadena trófica. Por otra parte tratándose de agua para potabilización, cuando se presentan problemas de afloramientos se debe tener cuidado que no se infiltren por las tuberías y también pueden aumentar los costos de tratamiento.

En la tabla 8 y figura 8 se presentan los resultados del 24/4/2014

Tabla 8. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 24/4/2014 8:26 am

Filo	Clase	Genero	Especie	Cortina Cél/mL	Cola Cél/mL
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	<i>Anabaena</i> , Bory 1822	<i>Anabaena sp.</i>	5168	147
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	<i>Aulacoseira</i> Thwaites	<i>Aulacoseira sp.</i>	1468	873
		<i>Melosira</i> , Agardh 1824	<i>Melosira sp.</i>	4868	4452
Chlorophyta	Zygnematophyceae	<i>Closterium</i> Nitzsch ex Ralfs 1848	<i>Closterium sp. 2</i>	205	42
Chlorophyta	Chlorophyceae	Ankistrodesmus	<i>Ankistrodesmus sp.</i>	26	0
Chlorophyta	Zygnematophyceae	<i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs 1848	<i>Staurastrum sp.</i>	47	15
Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Scenedesmus</i> Meyen 1829	<i>Scenedesmus sp.</i>	10	5
			No identificada	15	0

Nivel de Alerta/OMS	Cél/ml
Bajo	< 20,000 cél/ml
Moderado	100,000 cél/ml
Alto	> 100,000 cél/ml

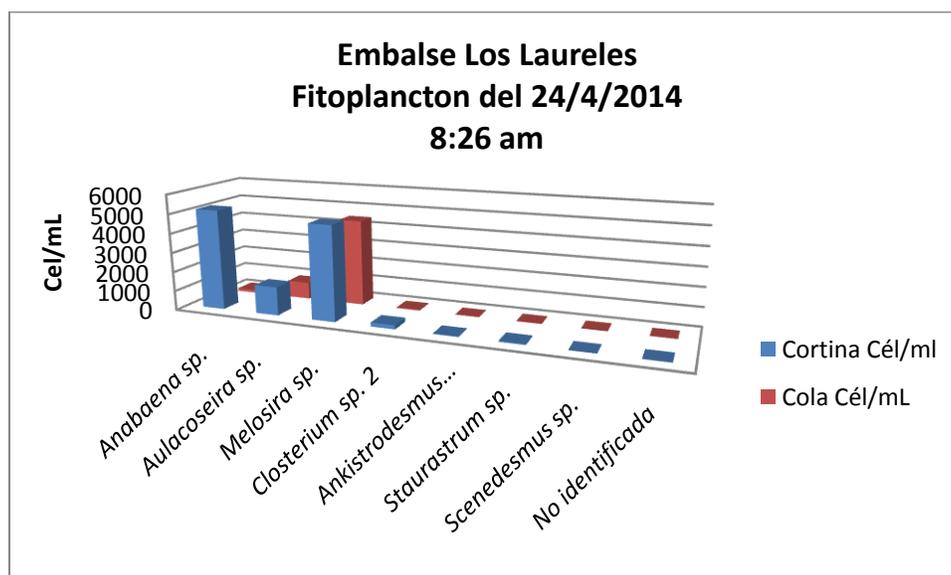


Figura 8. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 24/4/2014 8:26 am

- Porcentajes de similitud para el 24/4/2014 8:26 am (Tabla 9).

Tabla 9. Abundancia de las especies en porcentaje

Especie	% Cortina	% cola
<i>Anabaena sp.</i>	44	3
<i>Aulacoseira sp.</i>	13	16
<i>Melosira sp.</i>	41	80
<i>Closterium sp. 2</i>	2	1
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	0	0
<i>Staurastrum sp.</i>	0	0
<i>Scenedesmus sp.</i>	0	0
Total	100	100

- Porcentaje de similitud cortina – cola

$$PS= 3 + 13 + 41 + 1= \mathbf{58}$$

Estos puntos de muestreo tienen un 58% de similitud en cuanto a la abundancia de las especies.

- Índice de Shannon

Cortina: **1.58**

Cola: 0.89

La cortina con un valor de 1.58 representa el punto de muestreo con mayor diversidad para esta fecha.

El afloramiento de las Cianobacterias en general y para el caso, el que se dio el 24 de abril del 2014 (Tabla 10) (figura 9), se debe a varios factores entre ellos: los aportes en la carga orgánica, la productividad en las aguas abiertas, que por acción de los vientos y las corrientes los afloramientos son arrastrados hacia las orillas, y por las descargas de nutrientes principalmente fosforo y nitrógeno (proceso conocido como eutrofización) provenientes de la cuenca de drenaje (Wetzel, 1983).

Tabla 10. Fitoplancton superficial identificado y cuantificado, en un afloramiento de la zonalitoral en la cortina, el 24 abril del 2014 1:40 pm.

Filo	Clase	Familia	Genero	Especie	Cortina cel/mL
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> , Bory 1822	<i>Anabaena sp.</i>	8265
Chlorophyta	Zygnematophyceae	Desmidiaceae	<i>Staurastrum</i> Mey en ex Ralfs 1848	<i>Staurastrum sp.</i>	8
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseira-ceae Crawford	<i>Aulacoseira</i> Thwaites	<i>Aulacoseira sp.</i>	4
		Melosiraceae, Kützing 1844	<i>Melosira</i> , Agardh 1824	<i>Melosira sp.</i>	100

Nivel de Alerta/OMS	Cél/ml
Bajo	< 20,000 cél/ml
Moderado	100,000 cél/ml
Alto	> 100,000 cél/ml

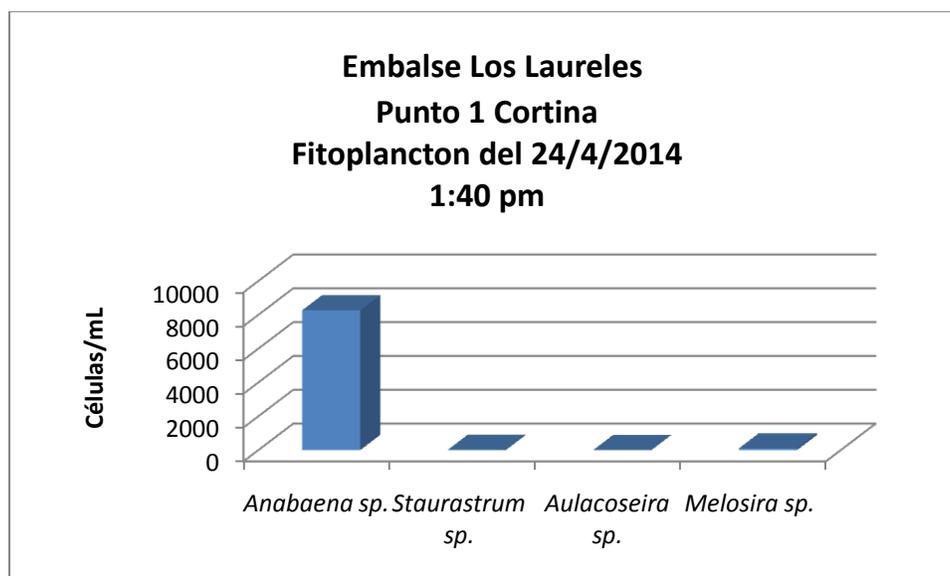


Figura 9. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 24/4/2014

- Índice de Shannon
Cortina: 0.1

El valor de 0.1 para el índice de Shannon indica que hay muy poca diversidad. Lo que se puede encontrar es abundancia (cantidad elevada de individuos de una misma especie).

Los resultados de los parámetros de campo se pueden observar en las figuras 10 y 11.

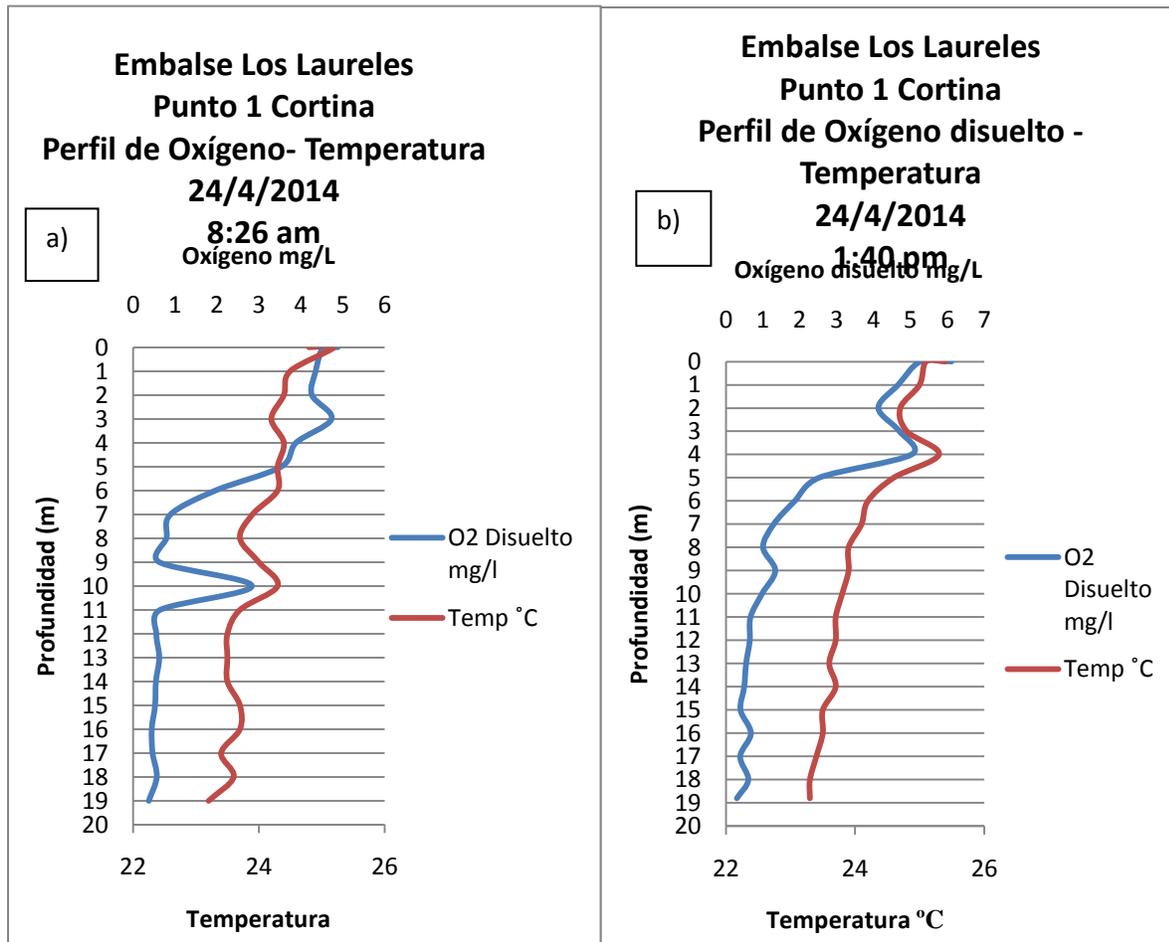


Figura 10. Perfiles de Oxígeno y temperatura para el 24/4/2014 en el punto 1 cortina. En a) y b) se puede observar una distribución vertical heterograda positiva para el oxígeno disuelto, este perfil ocurre cuando hay una máxima de oxígeno a nivel metalimnético producido por un exceso de algas (Wetzel, 1983).

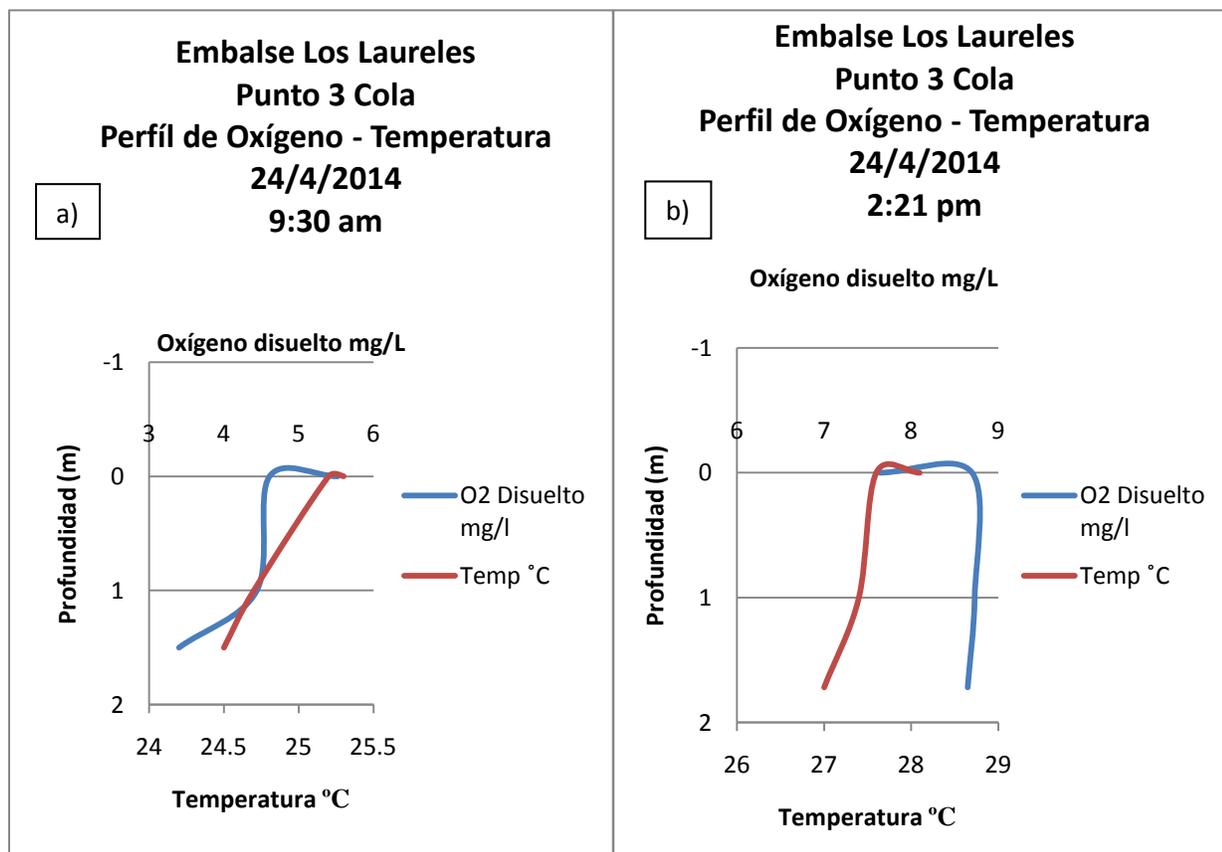


Figura 11. Perfiles de Oxígeno y temperatura para el 24/4/2014 en el punto 3 cola. a) Perfil clinógrado de oxígeno. b) Perfil heterógrado positivo de oxígeno.

También el aumento del tiempo de residencia del agua y el incremento de la frecuencia de estratificación térmica, particularmente en los embalses artificiales, favorece el desarrollo de cianobacterias (Chalar, 2006, tomado de UNESCO, 2009) (véase la tabla 11) (Fig. 12).

Tabla 11. Fitoplancton identificado en un afloramiento en la zona litoral de la cortina el 29 abril del 2014.

Filo	Clase	Familia	Genero	Especie	Cortina Cél/mL
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	Nostocaceae	Anabaena, Bory 1822	<i>Anabaena sp.</i>	19,407
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseira-ceae Crawford	<i>Aulacoseira</i> Thwaites	<i>Aulacoseira sp.</i>	200
		Melosiraceae, Kützing 1844	<i>Melosira</i> , Agardh 1824	<i>Melosira sp.</i>	14

Nivel de Alerta/OMS	Cél/ml
Bajo	< 20,000 cél/ml
Moderado	100,000 cél/ml
Alto	> 100,000 cél/ml

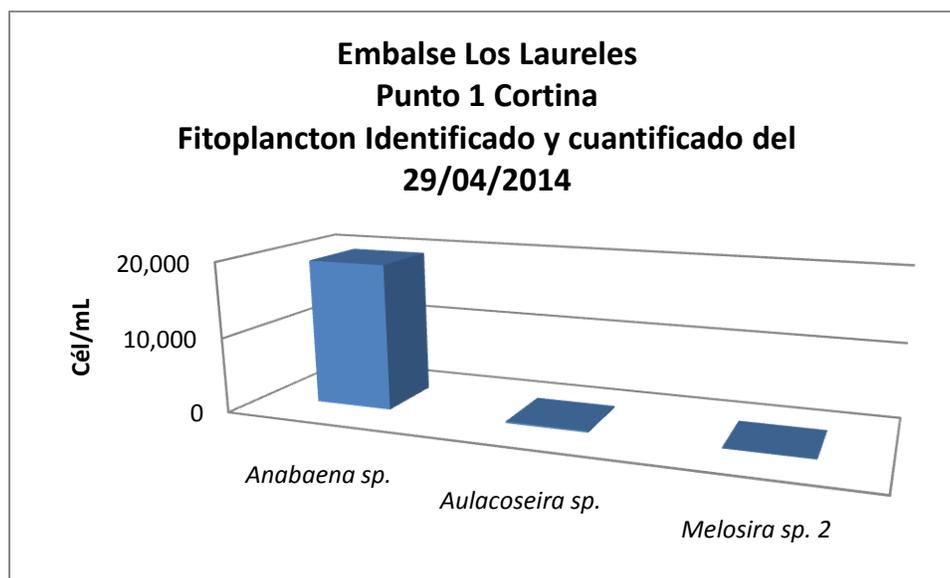


Figura 12. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 29/04/2014. Los valores de *Anabaena sp.* de 19, 407 cél/mL andan en un nivel bajo de alerta.

- Índice de Shannon
Cortina: 0.9

El índice presenta la misma tendencia que el muestreo anterior con poca diversidad.

Por otra parte las pérdidas se deben a la depredación, sedimentación hacia zonas afóticas (oscuras) donde no es posible realizar la fotosíntesis y el lavado por el arrastre de las corrientes de agua (UNESCO, 2009), también por la dilución de nutrientes que ocurre por las lluvias, esto último se manifestó en el muestreo realizado el 6 de mayo 2014, donde previo al muestreo se dieron las primeras lluvias de invierno (Véase la tabla 12 y 13) (Figura 13 y 14).

Tabla 12. Fitoplancton identificado y cuantificado tomado de la zona litoral de la cortina el 6/mayo/2014

Filo	Clase	Familia	Genero	Especie	Cortina Cél/mL
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	Nostocaceae	Anabaena, Bory 1822	<i>Anabaena sp.</i>	610
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseira-ceae Crawford	<i>Aulacoseira</i> Thwaites	<i>Aulacoseira sp.</i>	15
		Melosiraceae, Kützing 1844	<i>Melosira</i> , Agardh 1824	<i>Melosira sp.</i>	168

Nivel de Alerta/OMS	Cél/ml
Bajo	< 20,000 cél/ml
Moderado	100,000 cél/ml
Alto	> 100,000 cél/ml

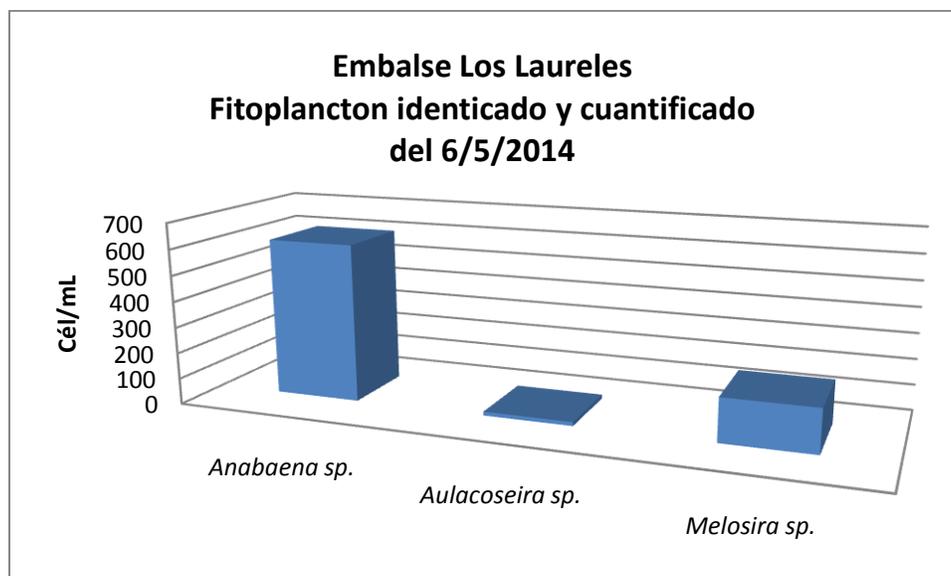


Figura 13. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 6/05/2014

- Índice de Shannon
Cortina: 0.87

Tabla 13. Fitoplancton identificado y cuantificado tomado de la zona litoral de la cortina el 14/Mayo/2014.

Filo	Clase	Familia	Genero	Especie	Cortina Cél/ml
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> , Bory 1822	<i>Anabaena sp.</i>	57
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseira- ceae Crawford	<i>Aulacoseira</i> Thwaites	<i>Aulacoseira sp.</i>	42
		Melosiraceae, Kützing 1844	<i>Melosira</i> , Agardh 1824	<i>Melosira sp.</i>	210
Chlorophyta	Zygnematophyceae	Closteriaceae	<i>Closterium</i> Nitzsch ex Ralfs 1848	<i>Closterium sp. 2</i>	78

Nivel de Alerta/OMS	Cél/ml
Bajo	< 20,000 cél/ml
Moderado	100,000 cél/ml
Alto	> 100,000 cél/ml

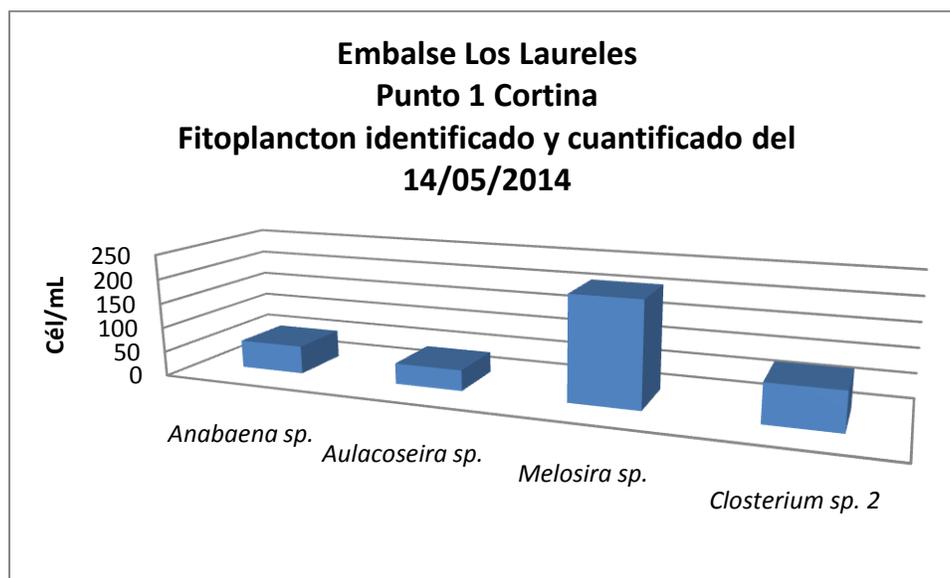


Figura 14. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 14/05/2014

- Índice de Shannon
Cortina: 1.7

Los resultados del muestreo realizado el 10/junio/2014 se observan en la tabla 14 y figura 15.

Tabla 14. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 10/6/2014.

Filo	Clase	Familia	Genero	Especie	Cortina Cél/mL	Centro Cél/mL	Cola Cél/ mL		
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	Nostocaceae	Anabaena, Bory 1822	<i>Anabaena sp.</i>	89	457	142		
			<i>Nostoc</i> Vouch. 1803	<i>Nostoc sp.</i>	352	726	89		
			<i>Cuspidothrix</i> <i>sp.</i>	0	0	52			
				Microcystaceae	<i>Microcystis</i> Kützing	<i>Microcystis sp</i>	47	142	84
				Pseudanabaena- ceae	<i>Pseudana- baena</i>	<i>Pseudana- baena sp</i>	31	94	621
				Oscillatoriaceae	<i>Lyngbya</i> Agardh ex Gomont	<i>Lyngbya sp.</i>	0	10	5
Chlorophyta	Zygnematophy-	Desmidiaceae	<i>Staurastrum</i>	<i>Staurastrum sp.</i>	15	5	5		

	ceae		Meyen ex Ralfs 1848				
		Closteriaceae	<i>Closterium</i> Nitzsch ex Ralfs 1848	<i>Closterium sp.2</i>	100	210	47
	Zygnematophyceae	Zygnemaceae	<i>Spirogyra</i> Link 1820	<i>Spirogyra sp.</i>	5	0	0
	Chlorophyceae	Oocystaceae	<i>Ankistrodesmus</i> Corda 1838	<i>Ankistrodesmus sp.</i>	0	52	5
		Chlorellaceae	<i>Chlorella</i> Beijerinck 1890	<i>Chlorella sp.</i>	0	0	1415
		Scenedesma-ceae	<i>Actinastrum</i> Lagerheim 1882	<i>Actinastrum sp.</i>	0	0	621
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseiraceae Crawford	<i>Aulacoseira</i> Thwaites	<i>Aulacoseira sp.</i>	257	784	142
		Melosiraceae	<i>Melosira</i> , Agardh 1824	<i>Melosira sp.</i>	57	194	147
	Bacillariophyceae Haeckel emend. Medlin & Kaczmarska	Bacillariaceae Ehrenberg	<i>Nitzschia</i> Hassall	<i>Nitzschia sp.</i>	10	21	10

Nivel de Alerta/OMS	Cél/ml
Bajo	< 20,000 cél/ml
Moderado	20,000 a 100,000 cél/ml
Alto	> 100,000 cél/ml

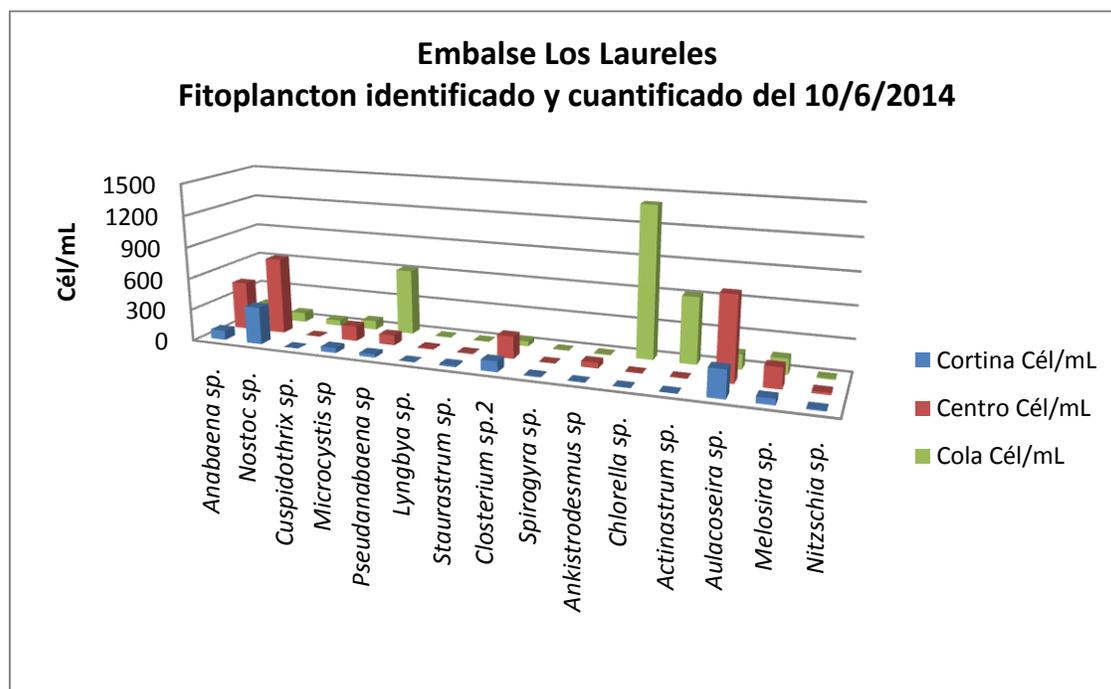


Figura 15. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 10/6/2014.

- Porcentajes de similitud para el 10/6/2014 (tabla 15).

Tabla 15. Abundancia de las especies en porcentaje.

Especie	% Cortina	% Centro	% Cola
<i>Anabaena sp.</i>	9	17	4
<i>Nostoc sp.</i>	37	27	3
<i>Cuspidothrix sp.</i>	0	0	2
<i>Microcystis sp</i>	5	5	3
<i>Pseudanabaena sp</i>	3	4	18
<i>Lyngbya sp.</i>	0	0	0
<i>Staurastrum sp.</i>	2	0	0
<i>Closterium sp.2</i>	10	8	2
<i>Spirogyra sp.</i>	0	0	0
<i>Ankistrodesmus sp</i>	0	2	0
<i>Chlorella sp.</i>	0	0	42
<i>Actinastrum sp.</i>	0	0	18
<i>Aulacoseira sp.</i>	27	29	4
<i>Melosira sp.</i>	6	7	4
<i>Nitzschia sp.</i>	1	1	0
Total	100	100	100

- Porcentaje de similitud cortina – centro

$$PS: 9 + 27 + 5 + 3 + 8 + 29 + 6 + 1 = \mathbf{88}$$

- Porcentaje de similitud cortina – cola

$$PS: 4 + 3 + 3 + 3 + 2 + 4 + 4 = 23$$

- Porcentaje de similitud centro – cola

$$PS: 4 + 3 + 3 + 4 + 2 + 4 + 4 = 24$$

El porcentaje de similitud para esta fecha indica que la cortina – centro es donde hay mayor semejanza con un 88 %, en cuanto a la abundancia de especies de fitoplancton.

- Índice de Shannon

Cortina: 2.51

Centro: **2.62**

Cola: 2.52

El punto de muestro que presento mayor diversidad fue el centro con un valor de 2.62.

Los resultados del muestreo realizado el 1/julio/2014 se observan en la tabla 16 y figura 16.

Tabla 16. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 1/julio/2014.

Filo	Clase	Familia	Genero	Especie	Cortina Cél/mL	Centro Cél/mL	Cola Cél/mL
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> , Bory 1822	<i>Anabaena</i> sp.	157	200	1105
			<i>Nostoc</i> Vouch. 1803	<i>Nostoc</i> sp.	26	15	73
			<i>Cuspidothrix</i>	<i>Cuspidothrix</i> sp.	100	15	73
			<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	26	31	57
			<i>Pseudanabaena</i>	<i>Pseudanabaena</i> sp.	126	157	226
			<i>Lyngbya</i> Agardh ex Gomont	<i>Lyngbya</i> sp.	15	5	126
			<i>Microcystis</i> Kützing	<i>Microcystis</i> sp.	36	10	63
Chlorophyta	Zygnemato- phyceae	Closteriaceae	<i>Closterium</i> Nitzsch ex Ralfs 1848	<i>Closterium</i> sp.2	52	42	78
			<i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs 1848	<i>Staurastrum</i> sp.	26	10	21
			<i>Sphaerocystis</i> Chodat 1897	<i>Sphaerocystis</i> sp.	15	26	10
			<i>Ankistrodesmus</i> Corda 1838	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	21	10	31
			<i>Chlorella</i> Beijerinck 1890	<i>Chlorella</i> sp.	0	89	1421
Bacillariophyta	Coscinodis- cophyceae	Aulacoseiraceae Crawford	<i>Aulacoseira</i> Thwaites	<i>Aulacoseira</i> sp.	163	115	436
			<i>Melosira</i> Agardh 1824	<i>Melosira</i> sp.	57	26	100
			<i>Nitzschia</i> sp.	0	0	10	

Nivel de Alerta/OMS	Cél/ml
Bajo	< 20,000 cél/ml
Moderado	20,000 a 100,000 cél/ml
Alto	> 100,000 cél/ml

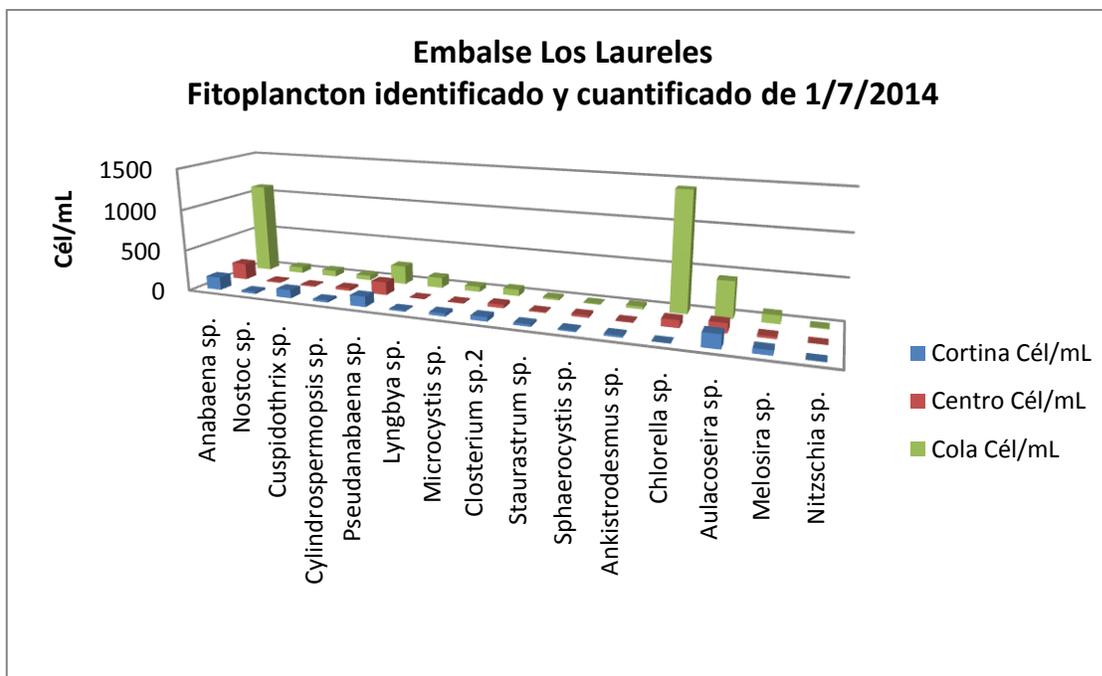


Figura 16. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 1/7/2014. Las especies más abundantes para esta fecha fueron *Chlorella sp.* perteneciente al grupo de las Chlorophytas la cual no presenta toxicidad, seguido de *Anabaena sp.* del grupo de las Cianobacterias que si presenta toxicidad.

- Porcentajes de similitud para el 1/7/2014 (tabla 17)

Tabla 17. Abundancia de las especies en porcentaje

Especie	% Cortina	% Centro	% Cola
Anabaena sp.	19	27	29
<i>Nostoc sp.</i>	3	2	2
<i>Cuspidothrix sp.</i>	12	2	2
<i>Cylindropermopsis sp.</i>	3	4	1
<i>Pseudanabaena sp.</i>	15	21	6
<i>Lyngbya sp.</i>	2	1	3
<i>Microcystis sp.</i>	5	1	2
Closterium sp.2	6	6	2
<i>Staurastrum sp.</i>	3	1	1
<i>Sphaerocystis sp.</i>	2	4	0
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	3	1	1
<i>Chlorella sp.</i>	0	12	37
<i>Aulacoseira sp.</i>	20	15	11
<i>Melosira sp.</i>	7	3	3
<i>Nitzschia sp.</i>	0	0	0
Total	100	100	100

- Porcentaje de similitud cortina – centro

$$\text{PS: } 19 + 2 + 2 + 3 + 15 + 1 + 1 + 6 + 1 + 2 + 1 + 15 + 3 = \mathbf{71}$$

- Porcentaje de similitud cortina – cola

$$\text{PS: } 19 + 2 + 2 + 1 + 6 + 2 + 2 + 2 + 1 + 1 + 11 + 3 = 51$$

- Porcentaje de similitud centro – cola

$$\text{PS: } 29 + 2 + 2 + 1 + 6 + 1 + 1 + 2 + 1 + 12 + 11 + 3 = \mathbf{71}$$

El porcentaje de similitud señala que en la cortina – centro y centro – cola hay semejanza en un 71 % de las especies de fitoplancton.

- Índice de Shannon

Cortina: **3.24**

Centro: 3.04

Cola: 2.6

La cortina representa el punto donde hay mayor diversidad de especies con un valor de 3.24

Resumen por fechas del porcentaje de similitud de Sorensen para la abundancia de las especies de fitoplancton (tabla 18).

Tabla 18. Porcentaje de similitud de Sorensen en los puntos de muestreo.

Fecha	PS Cortina - Centro	PS Cortina - Cola	PS Centro - Cola
20/3/2014	50 %	20 %	42 %
3/4/2014	91 %	83 %	78 %
24/4/2014	-	58	-
10/6/2014	88 %	23 %	24 %
1/7/2014	71 %	51 %	71 %

Los perfiles de los parámetros de campo se observan en la figura 17, 18 y 19.

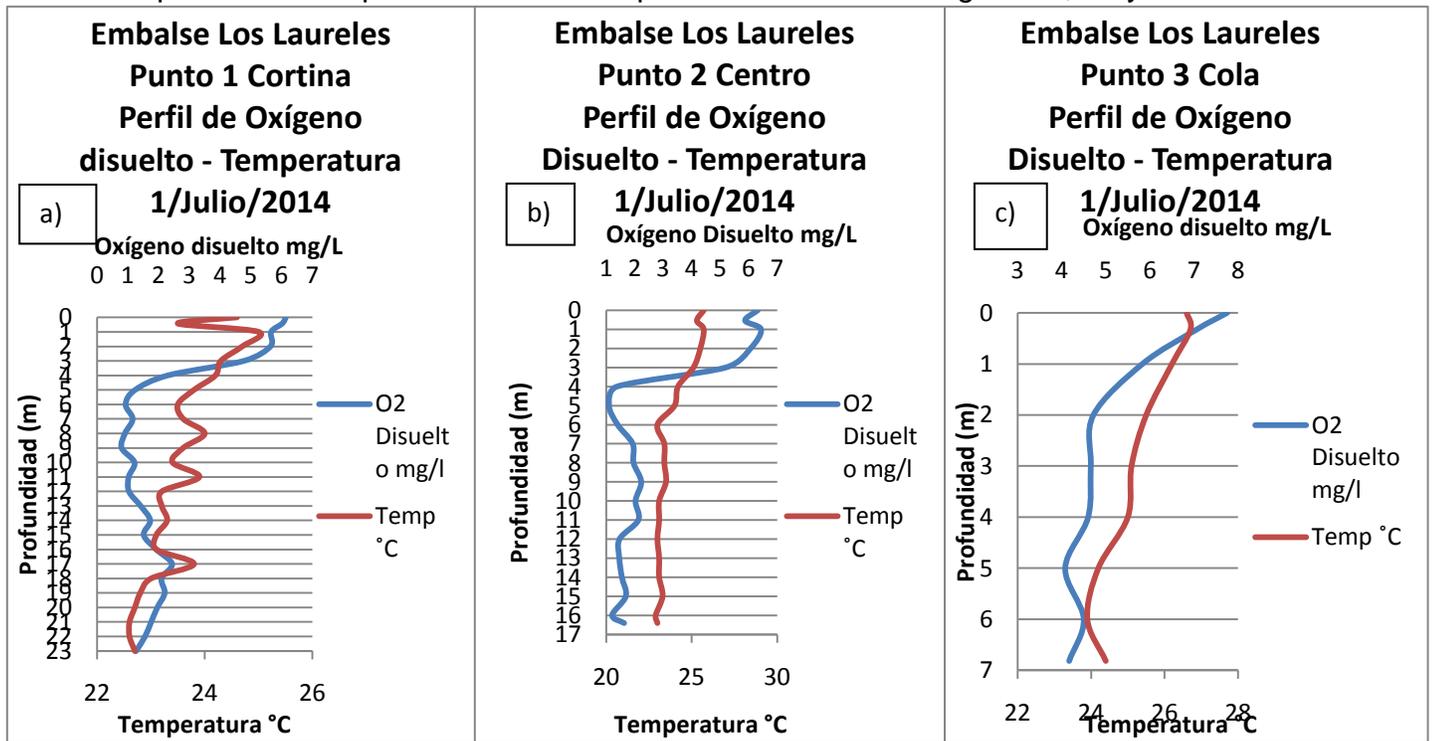


Figura 17. Perfiles de oxígeno disuelto – temperatura para el 1/7/2014. En a), b) y c) se presenta una curva clinograda para el oxígeno.

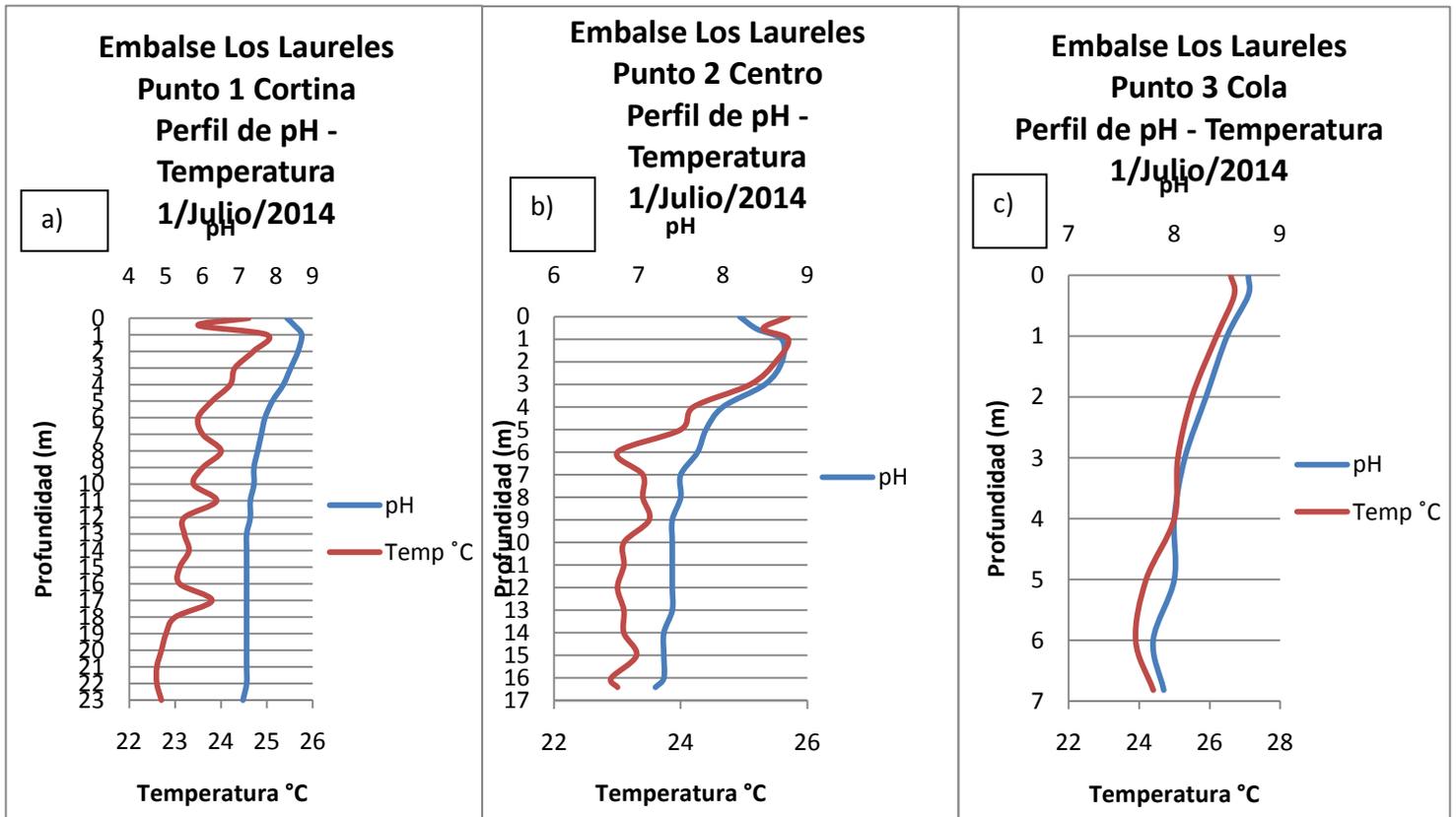


Figura 18. Perfiles de pH – temperatura para el 1/Julio/2014. En a) y b) se presenta un perfil ligeramente heterogrado positivo para el pH. c) Perfil ligeramente clinogrado de pH.

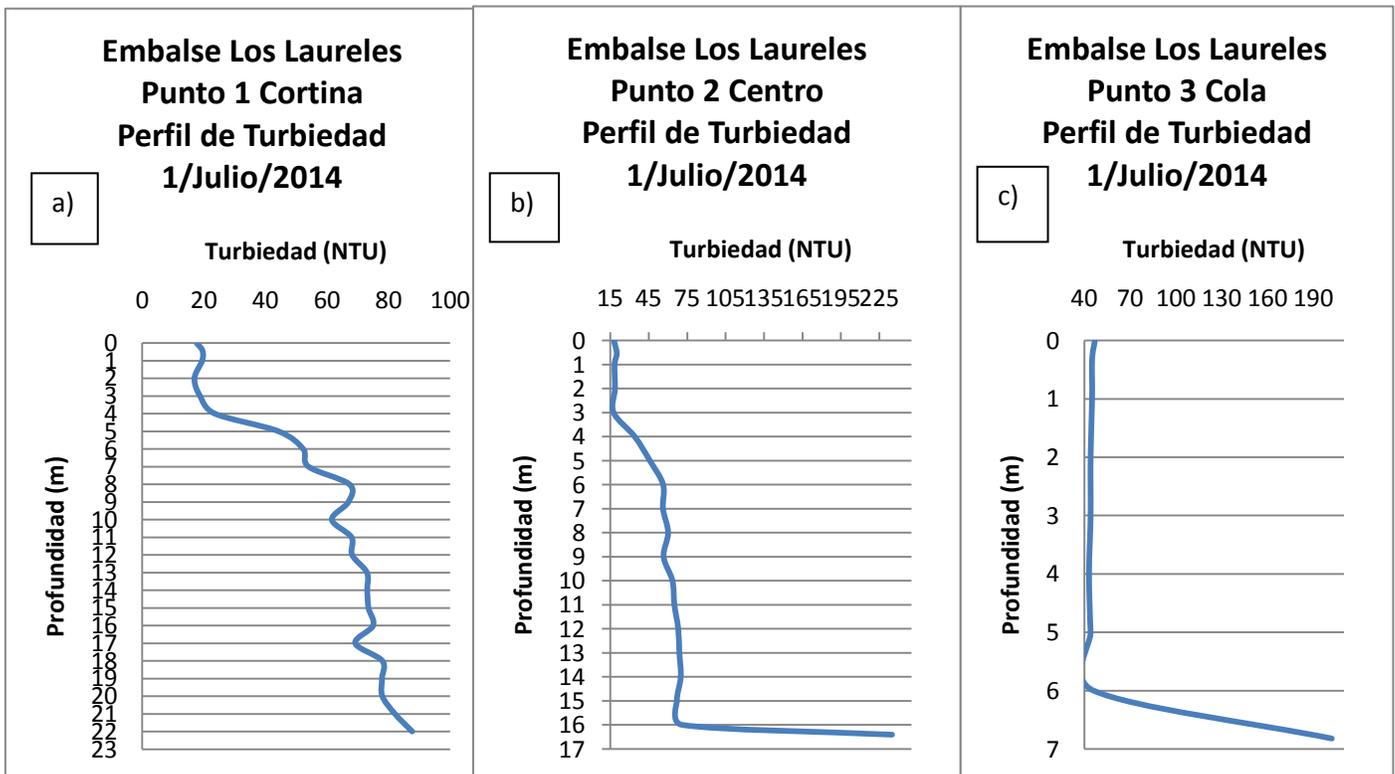


Figura 19. Perfil de Turbiedad. La turbiedad aumenta conforme a la profundidad por la carga de sedimentos y materia orgánica en el fondo.

En la tabla 19 y fig. 20 se muestran los resultados del fitoplancton del 24/Julio/2014

Tabla 19. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 24/Julio/2014

Filo	Clase	Familia	Genero	Especie	Cortina Cél/mL		
Cyanoprokaryota	Cyanophyceae	Nostocaceae Eichler 1886	<i>Anabaena</i> , Bory 1822	<i>Anabaena</i> sp.	415		
			<i>Nostoc</i> Vouch. 1803	<i>Nostoc</i> sp.	173		
			<i>Cuspidothrix</i>	<i>Cuspidothrix</i> sp.	121		
			<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.	742		
			Pseudanabaenaceae K. Anagnostidis & J. Komárek	<i>Pseudanabaena</i>	<i>Pseudanabaena</i> sp.	794	
Chlorophyta	Zygnematophyceae	Oscillatoriaceae (S.F. Gray) Harvey ex Kirchner	<i>Lyngbya</i> Agardh ex Gomont	<i>Lyngbya</i> sp.	63		
			<i>Microcystis</i> Kützing	<i>Microcystis</i> sp.	15		
			<i>Closterium</i> Nitzsch ex Ralfs 1848	<i>Closterium</i> sp.2	21		
			<i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs 1848	<i>Staurastrum</i> sp.	57		
			Chlorophyceae	Palmellaceae	<i>Sphaerocystis</i> Chodat 1897	<i>Sphaerocystis</i> sp.	21
					<i>Ankistrodesmus</i> Corda 1838	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	21
					Chlorellaceae (Wille) Brunthaler	<i>Chlorella</i> Beijerinck 1890	<i>Chlorella</i> sp.
Bacillariophyta	Coscinodiscophyceae F.E. Round & Crawford, emend. Medlin & Kaczmarska	Aulacoseiraceae Crawford	<i>Aulacoseira</i> Thwaites	<i>Aulacoseira</i> sp.	915		
			Melosiraceae, Kützing 1844	<i>Melosira</i> Agardh 1824	<i>Melosira</i> sp.	52	
			Bacillariaceae Ehrenberg	<i>Nitzschia</i> Hassall	<i>Nitzschia</i> sp.	1489	
Naviculaceae Kützing emend. D.G. Mann	<i>Navicula</i> Bory de St.-Vincent 1822	<i>Navicula</i> sp.		5			

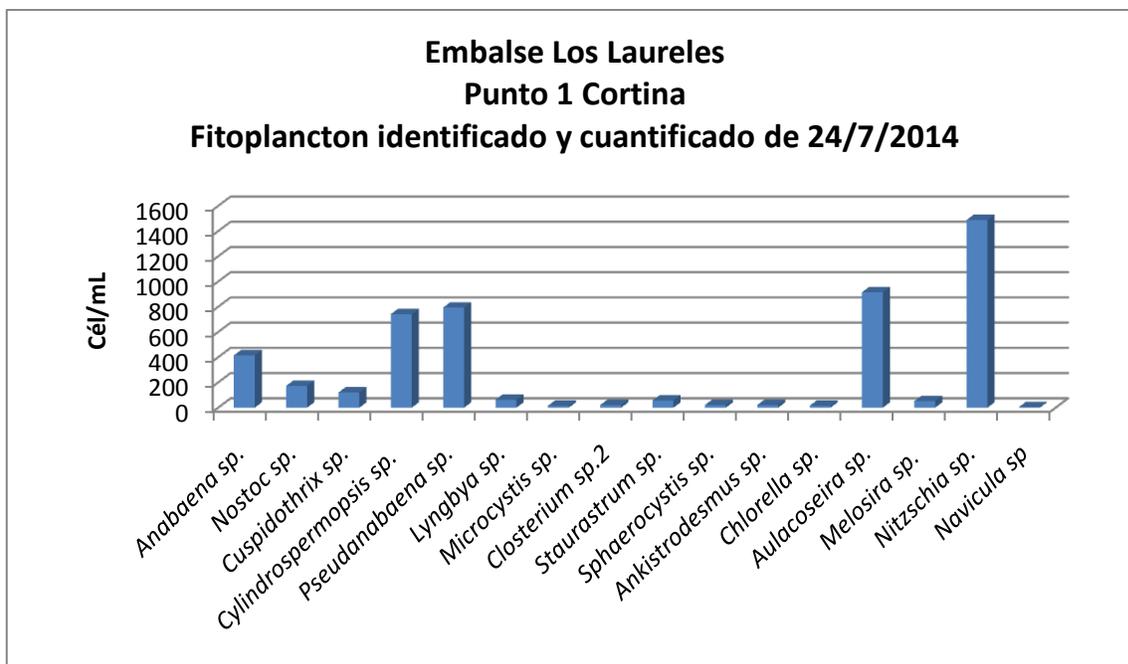


Figura 20. Fitoplancton identificado y cuantificado del 24/7/2014. Las especies *Aulacoseira sp.* y *Nitzschia sp.* fueron las que se encontraron en mayor cantidad, y estas son indicadoras de aguas con contenido silíceo.

En la tabla 20 y figura 21 se presentan los resultados del análisis del fitoplancton para el 12 de agosto 2014

Tabla 20. Fitoplancton identificado y cuantificado para el 12/Agosto/2014.

Clase	Familia	Genero	Especie	Cantida d Cél/mL
Cyanophyceae	Nostocaceae	<i>Anabaena</i> Bory 1822	<i>Anabaena sp.</i>	3028
		<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>Cylindrospermopsis sp.</i>	2800
		<i>Nostoc</i> Vouch. 1803	<i>Nostoc sp.</i>	121
		<i>Cuspidothrix</i>	<i>Cuspidothrix sp.</i>	71
	Pseudanabaenaceae K. Anagnostidis & J. Komárek	<i>Pseudanabaena</i>	<i>Pseudanabaena sp.</i>	35
	Oscillatoriaceae (S.F. Gray) Harvey ex Kirchner	<i>Lyngbya</i> Agardh ex Gomont	<i>Lyngbya sp.</i>	150
	Mycrocystaceae	<i>Microcystis</i> Kützing	<i>Microcystis sp.</i>	14
Bacillariophyceae Haeckel emend. Medlin & Kaczmarsk	Bacillariaceae Ehrenberg	<i>Nitzschia</i> Hassall	<i>Nitzschia sp.</i>	114
Coccinodiscophyceae F.E. Round & Crawford, emend. Medlin & Kaczmarska	Aulacoseiraceae Crawford	<i>Aulacoseira</i> Thwaites	<i>Aulacoseira sp.</i>	414
Zygnematophyceae	Closteriaceae	<i>Closterium</i> Nitzsch	<i>Closterium</i>	14

		ex Ralfs 1848	<i>sp. 2</i>	
	Desmidiaceae	<i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs 1848	<i>Staurastrum</i> <i>m sp.</i>	128
Chlorophyceae	Oocystaceae	<i>Ankistrodesmus</i> Corda 1838	<i>Ankistrodesmus</i> <i>sp.</i>	14
	Chlorellaceae (Wille) Brunnthaler	<i>Chlorella</i> Beijerinck 1890	<i>Chlorella</i> <i>sp.</i>	14
	--	<i>Dictyosphaerium</i>	<i>Dictyosphaerium</i> <i>sp.</i>	78
--	--	<i>Scenedesmus</i>	<i>Scenedesmus</i> <i>sp. 2</i>	14
Total				7009

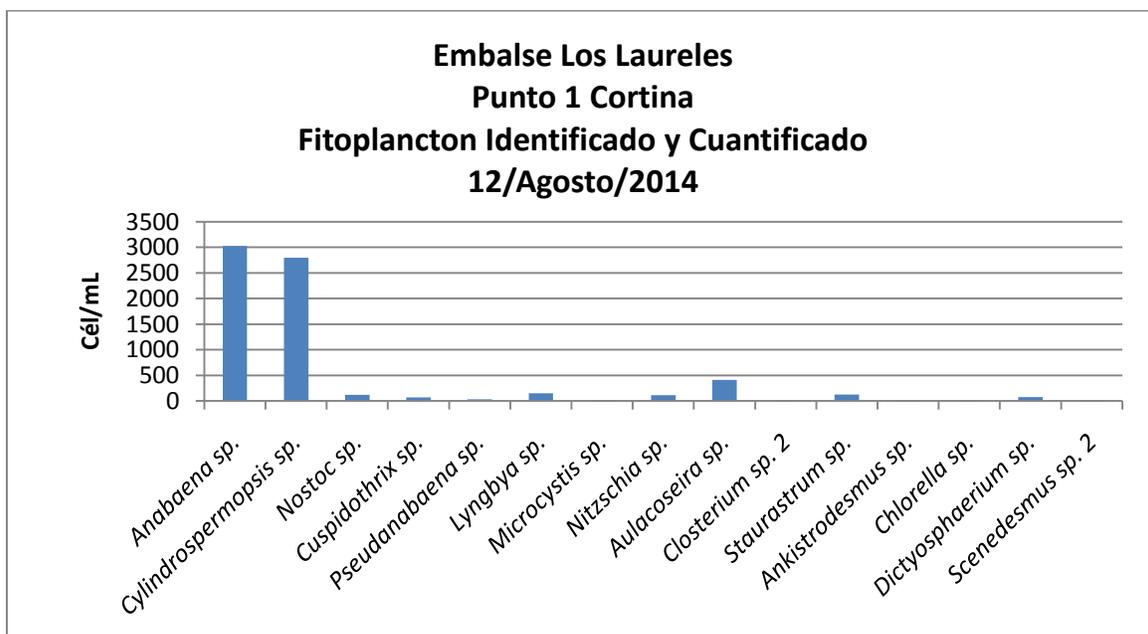


Figura 21. Fitoplancton identificado y cuantificado del 12/8/2014

Los resultados de los parámetros físico – químicos se pueden observar en los perfiles de las figuras 22, 23 y 24.

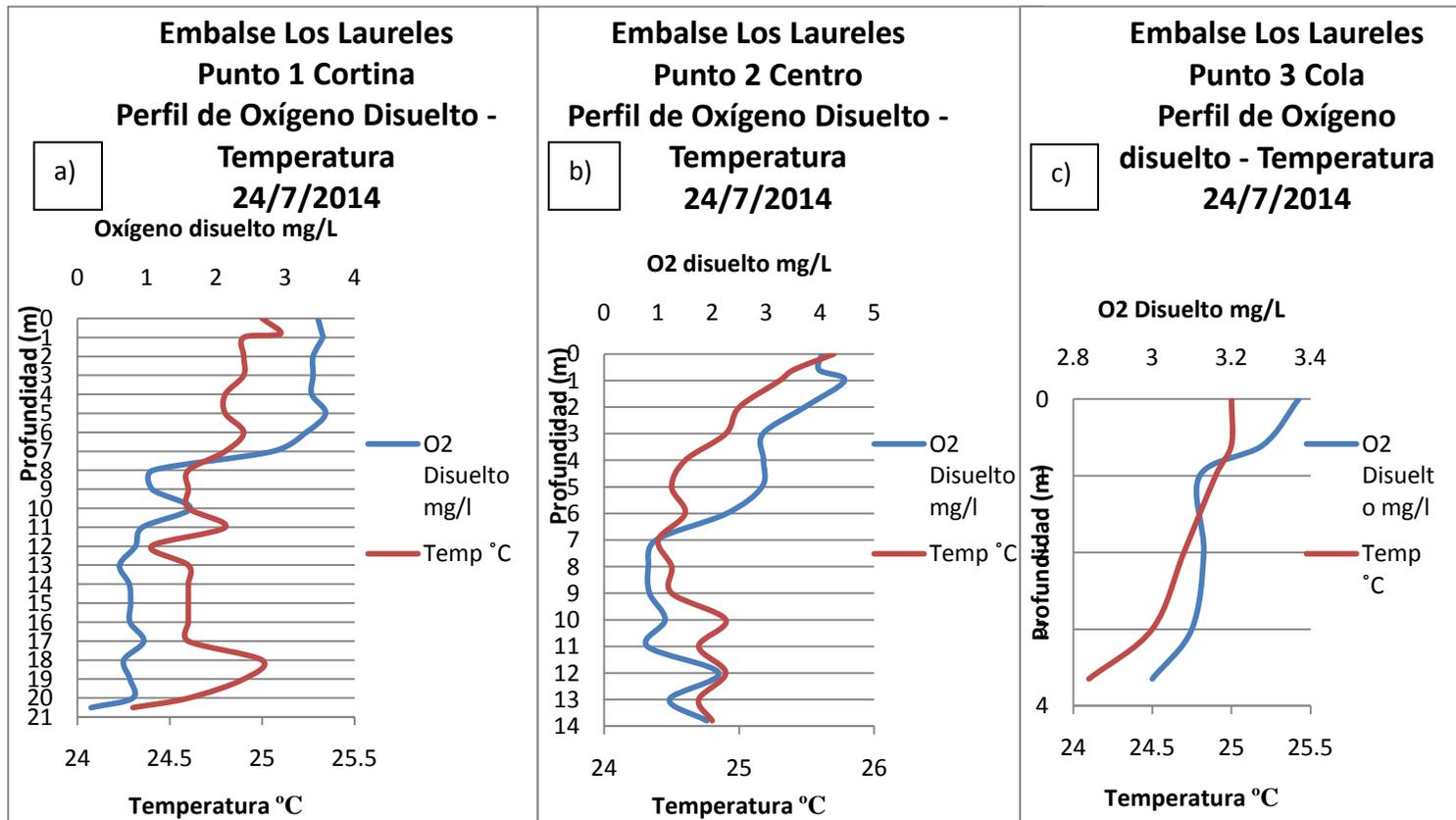


Figura 22. Perfiles de oxígeno disuelto – temperatura del 24/7/2014. En a), b) y c) se presentan tan perfiles clinógrafos de oxígeno disuelto.

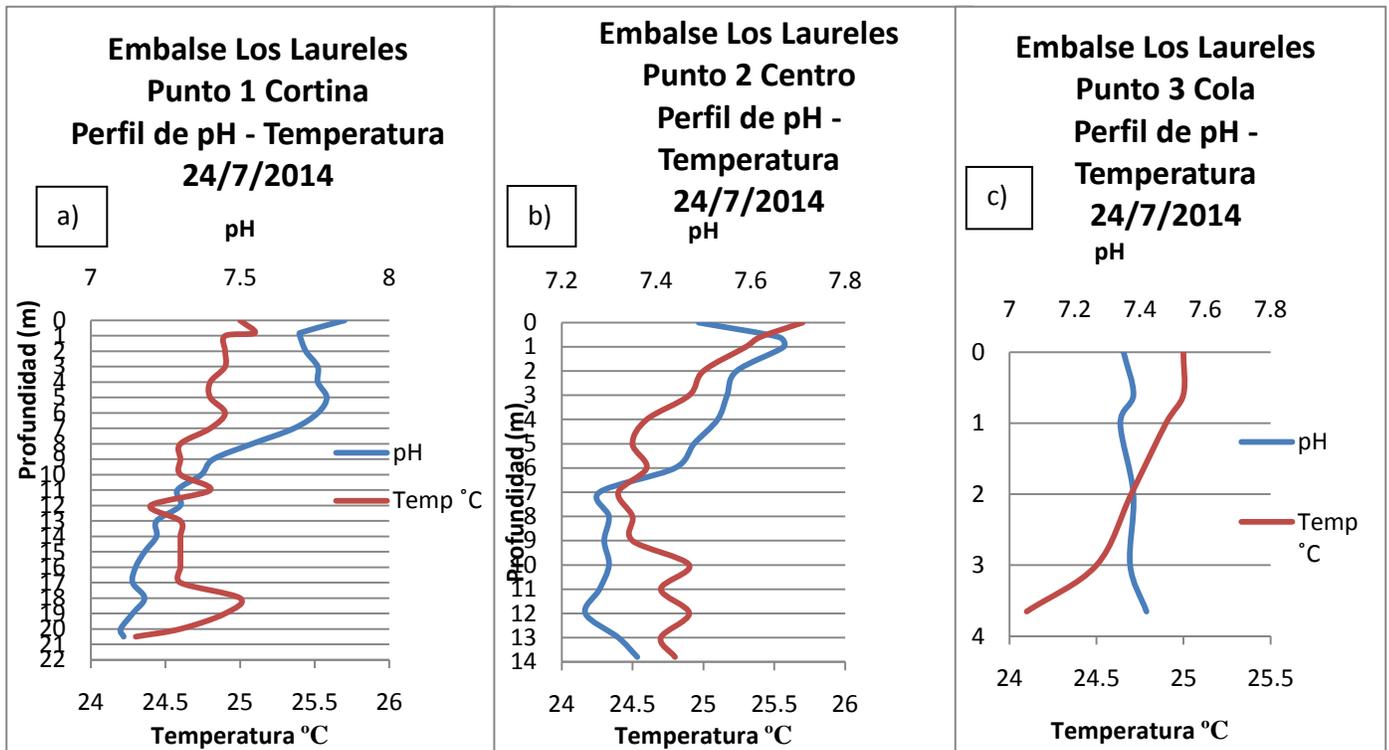


Figura 23. Perfiles de pH – Temperatura del 24/7/2014. En a), b) perfiles de pH ligeramente clinógrados y c) Ligeramente ortógrado.

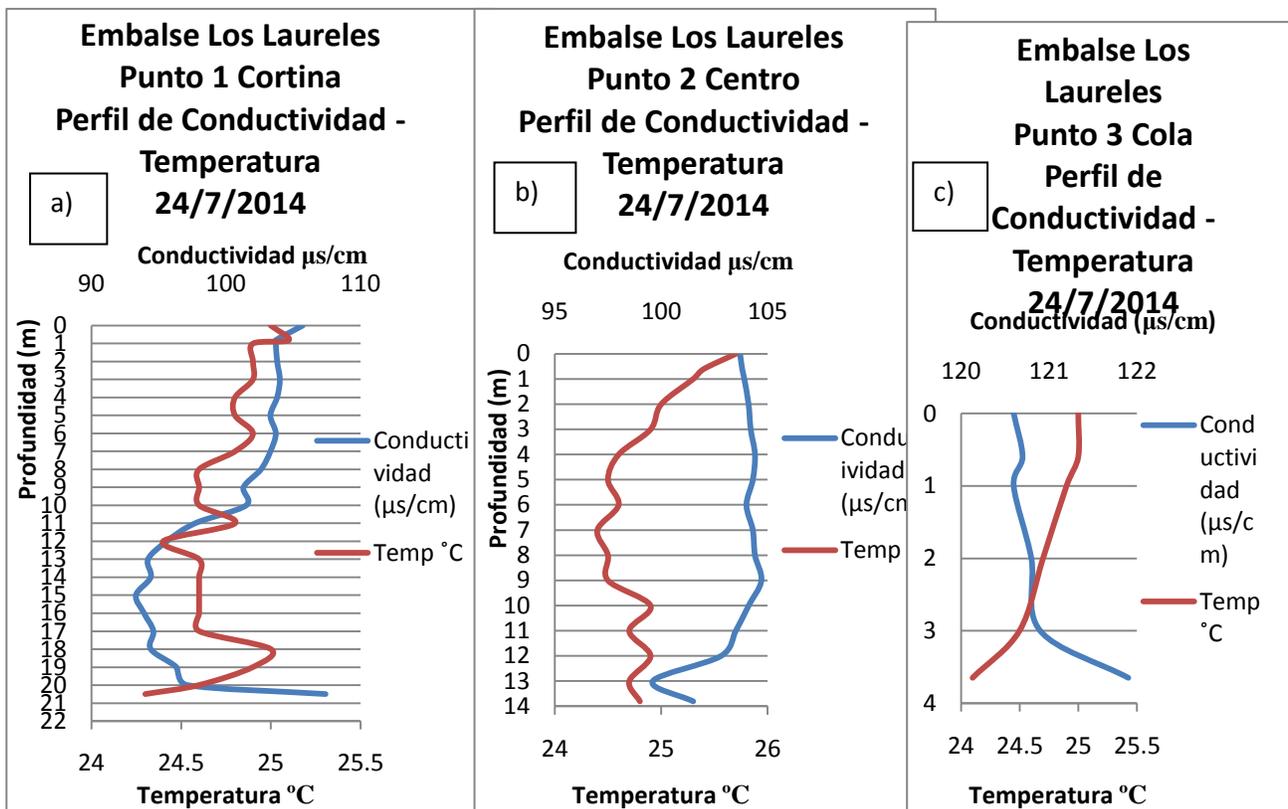


Figura 24. Perfiles de conductividad – Temperatura del 24/7/2014.

- Índice de Shannon
Cortina: 2.79

Resumen con los valores del índice de Shannon. En los muestreos donde se pudo coleccionar muestras de los tres puntos del embalse, el centro es el que registra mayor diversidad de especies (tabla 21).

Tabla 21. Valores del índice de Shannon Marzo – Julio 2014

Fecha	Cortina	Centro	Cola
20/3/2014	1.45	1.47	0.91
3/4/2014	1.44	1.57	1.18
24/4/2014 8:26 am	1.58	--	0.89
24/4/2014 1:40 pm	0.11	--	--
29/4/2014	0.09	--	--
6/5/2014	0.87	--	--
14/5/2014	1.69	--	--
10/6/2014	2.51	2.62	2.52
1/7/2014	3.24	3.04	2.60
24/7/2014	2.79	--	--

Durante los muestreos realizados entre el 20 marzo 2014 – 12 Agosto 2014, en lo referente a la abundancia del fitoplancton, se encontró un mayor porcentaje para la Clase Cyanophyceae (67%) que comprende a las algas verde – azules que liberan sus toxinas en el agua al morir, seguido de la Clase Coscinodiscophyceae (24%) y Bacillariophyceae (2%) ambas pertenecen al grupo de las diatomeas que se caracterizan por poseer una estructura silíceica por ello pueden obstruir filtros, y por último las Clases Chlorophyceae (5%) y Zygnematophyceae (2) que corresponden al grupo de las algas verdes (Figura 25).

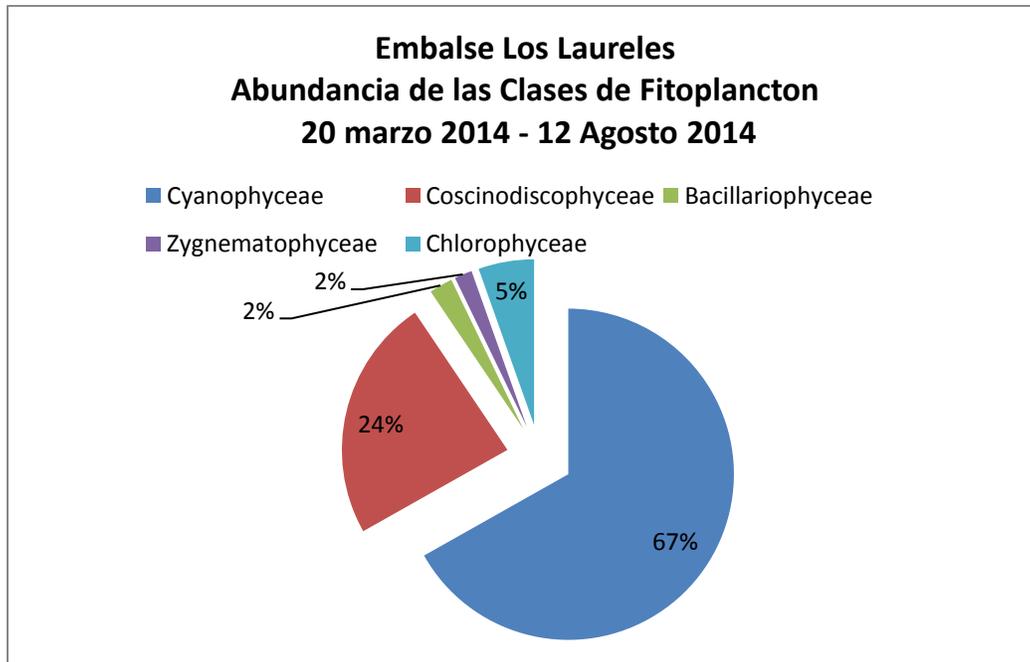


Figura 25. Abundancia de las Clases de fitoplancton entre el periodo del 20 marzo 2014 – 12 Agosto 2014.

El género que se encontró en mayores cantidades y durante todos los muestreos fue *Anabaena sp.* (Figura 26.)

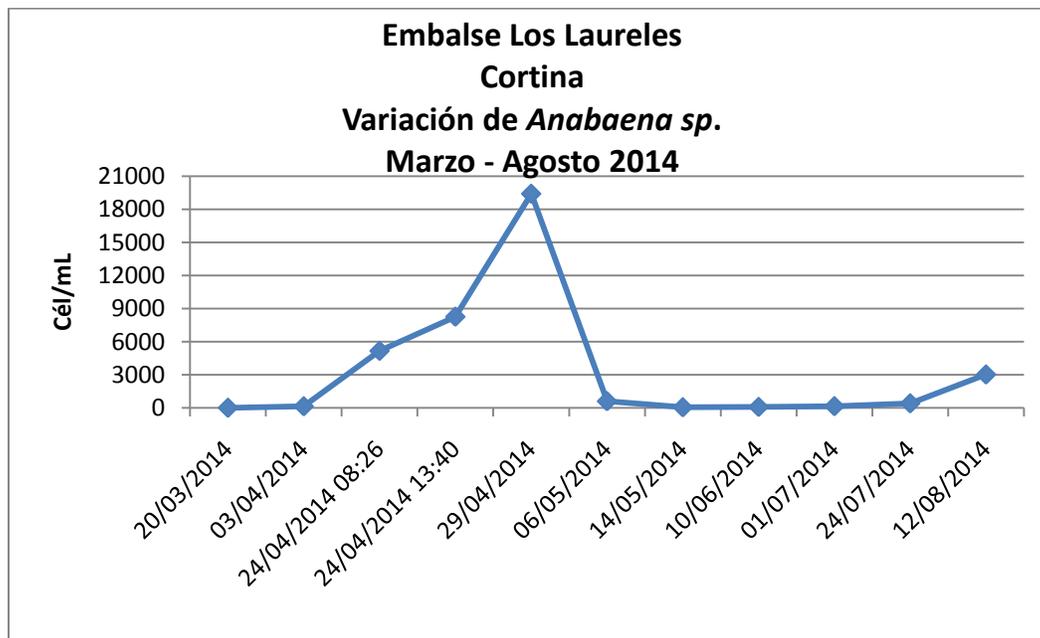


Figura 26. Variación de *Anabaena sp.* de Marzo- Agosto 2014. Nótese que para el 24 de abril y el 12 de agosto las cantidades empiezan a incrementar, esto coincide con los periodos previos a las primeras lluvias. Para el 6 de mayo las cantidades de *Anabaena sp.* decaen esto coincidió con las primeras lluvias.

Los resultados de la clorofila a durante los muestreos se pueden observar en la tabla 22 y figura 27.

Tabla 22. Resultados de la Clorofila a Febrero – Julio 2014.

Fecha	Cortina Clorofila a mg/m ³	Centro Clorofila a mg/m ³	Cola Clorofila a mg/m ³
26-Feb-14	8.93		
20-Mar-14	3.02	5.74	
03-Abr-14	30.37	31.27	67.89
23-Abr-14	57.62		
24-Abr-14	20.77		10.72
24-Abr-14	24.12		24.12
14-May-14	30.82		
10-Jun-14	30.15		
01-Jul-14	30.19	27.69	40.2

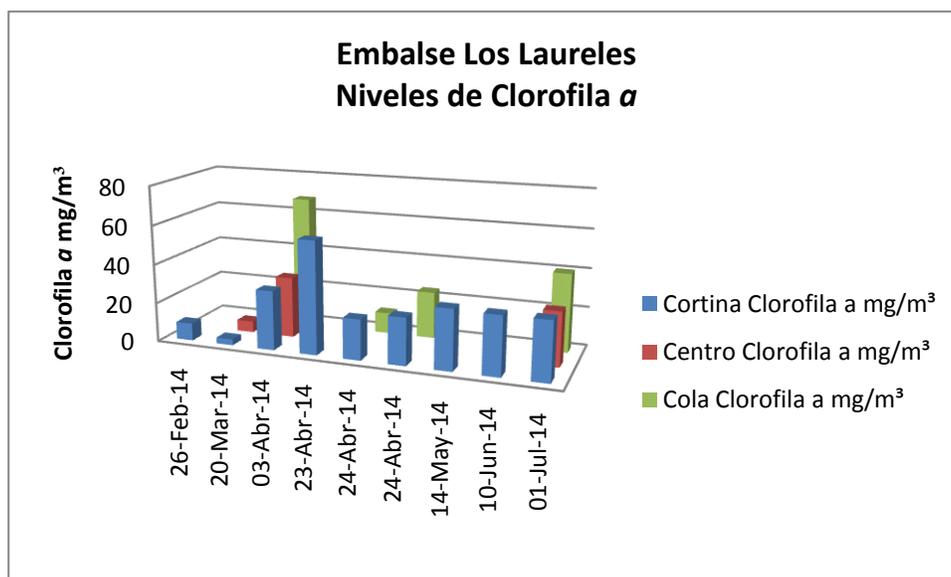
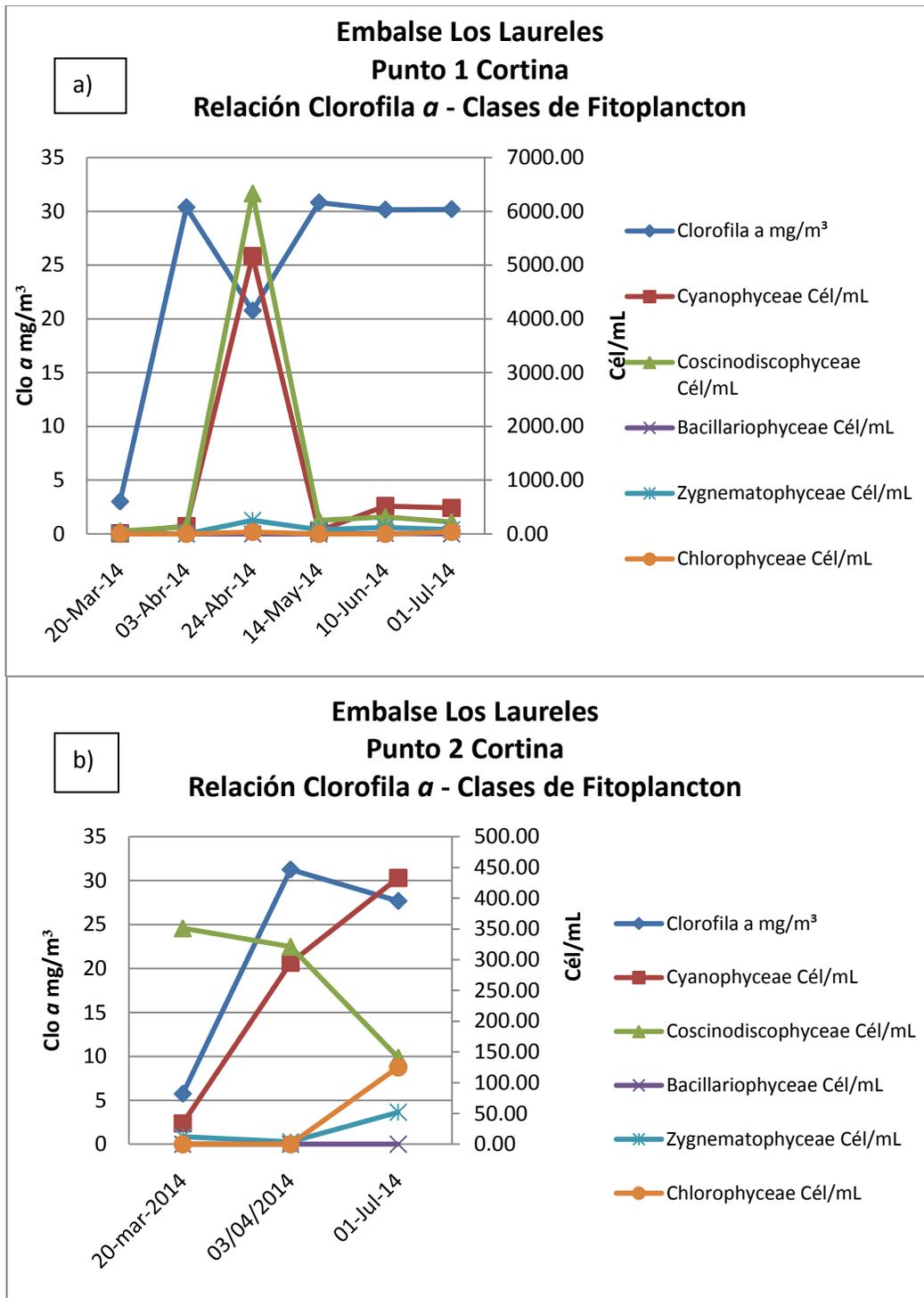


Figura 27. Los valores más altos para el 3 y 23 Abril, coinciden con el afloramiento que se presentó en esta misma fecha.

La relación clorofila a y clases de fitoplancton se puede ver en la figura 28.



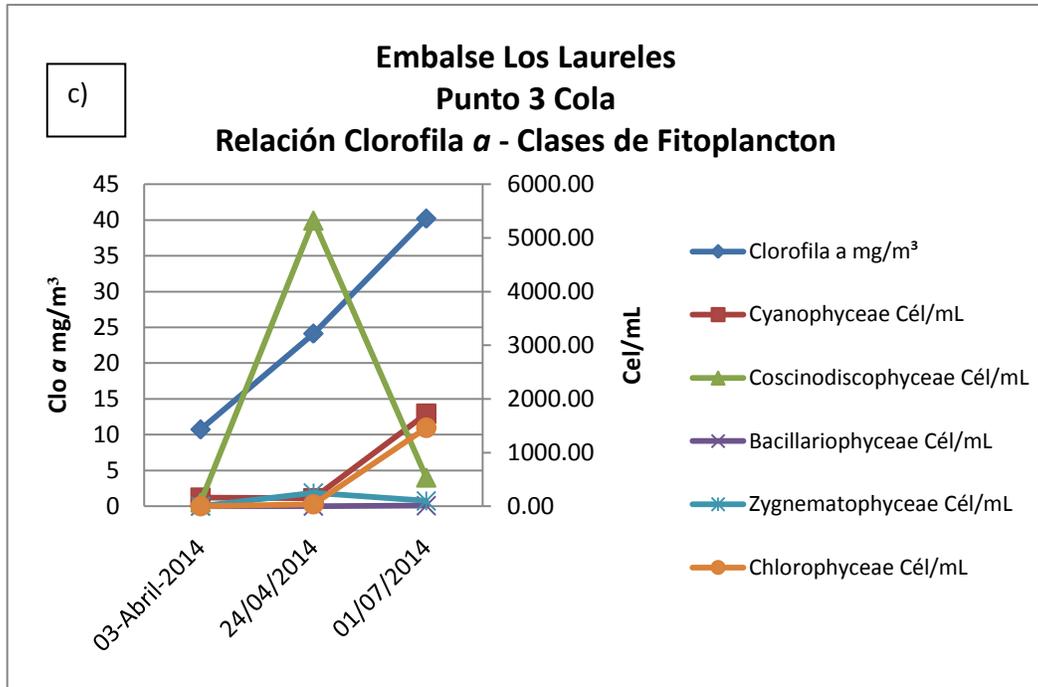


Figura 28. Relación clorofila a y clases de fitoplancton. Según Ryding y Rast (1992), la biomasa de algas expresada en mg/m³ de clorofila a , puede que no sea directamente proporcional a la abundancia de fitoplancton por tres razones: 1) utilización del fitoplancton como alimento por el zooplancton. 2) Una rápida velocidad de desagüe (que puede retirar algas de la masa de agua antes de que se puedan acumular y alcanzar valores que superen a las normas de alerta). 3) Por la sedimentación (que puede decantar algas de la columna de agua hacia las zonas profundas).

También debido a que la clorofila a no es el único pigmento fotosintético que presentan las diferentes Clases del fitoplancton (véase la figura 29).

Pigmentos	Ciano- fíceas (Mixo- fíceas) <i>algas</i>	Cloro- fíceas <i>algas</i>	Xanto- fíceas <i>algas</i>	Criso- fíceas <i>algas</i>	Bacilario- fíceas <i>algas</i>	Cripto- fíceas	Dino- fíceas (Pirró- fitos)	Eugleno- fíceas	Feo- fíceas <i>algas</i>	Rodo- fíceas <i>algas</i>
<i>Clorofilas:</i>										
clorofila a	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
clorofila b	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
clorofila c	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-
clorofila d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Carotinoides:</i>										
<i>Carotenos</i>										
α-caroteno	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+
β-caroteno	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
γ-caroteno	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
ε-caroteno	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Xantofilas</i>										
luteína	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+
violaxantina	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+
fucoxantina	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
neoxantina	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-
astaxantina	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
diatoxantina	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-
diadinoxantina	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
peridinina	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
dinoxantina	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
teraxantina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
anteraxantina	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
mixoxantina	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
osciloxantina	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mixoxantofila	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
equinenona	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Biliproteínas:</i>										
ficocianina ^b	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+
ficoeritrina ^b	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+

Figura 29. Diferentes pigmentos fotosintéticos de las clases de fitoplancton (Wetzel, 1981).

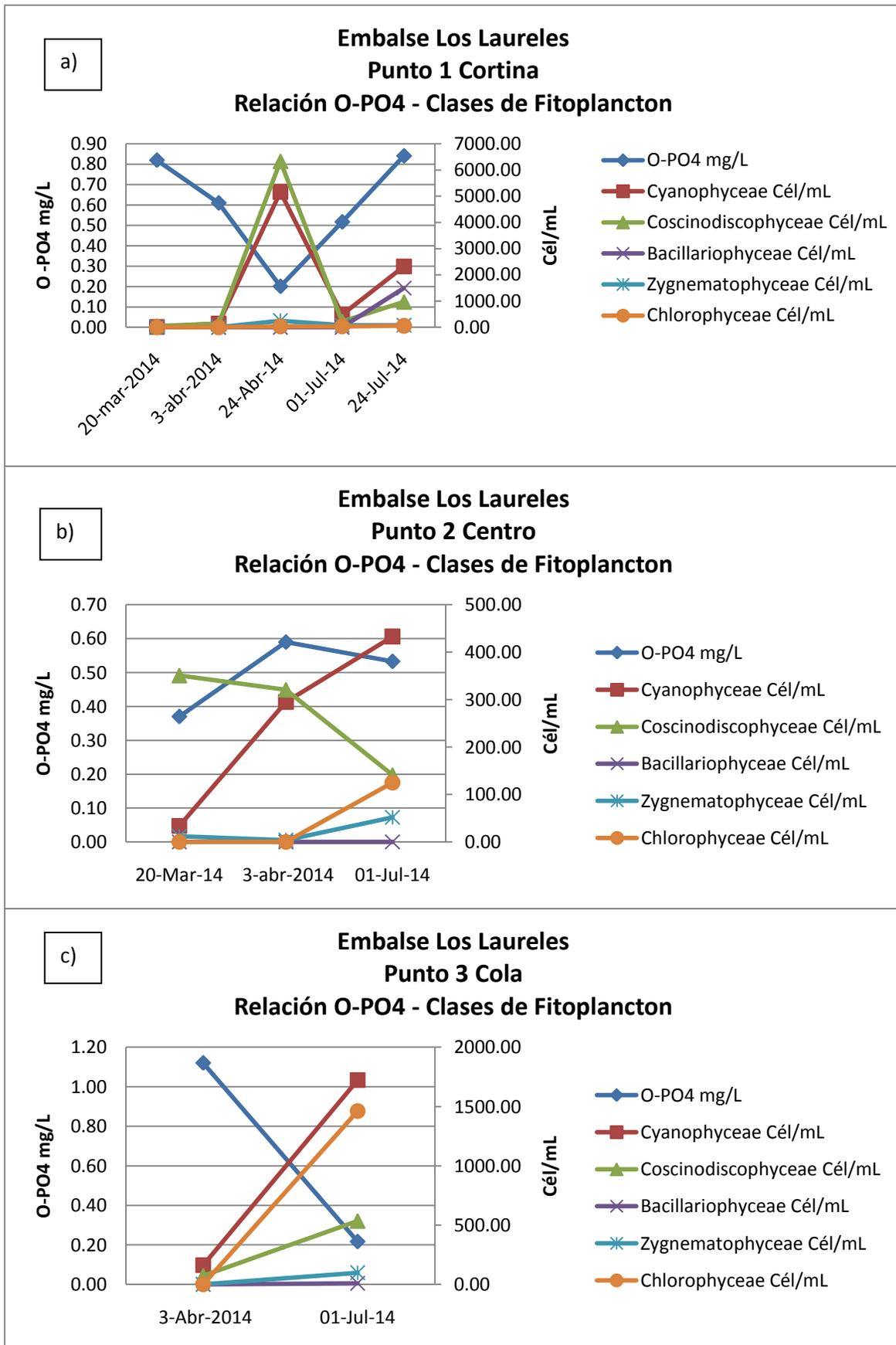


Figura 30. Relación O-PO4 y clases de fitoplancton. En a) y c) se puede observar, al momento de bajar la concentración del O-PO4 las cantidades de fitoplancton aumentan. Mientras que b) no presenta un patrón definido ya que las cantidades de fitoplancton son bajas.

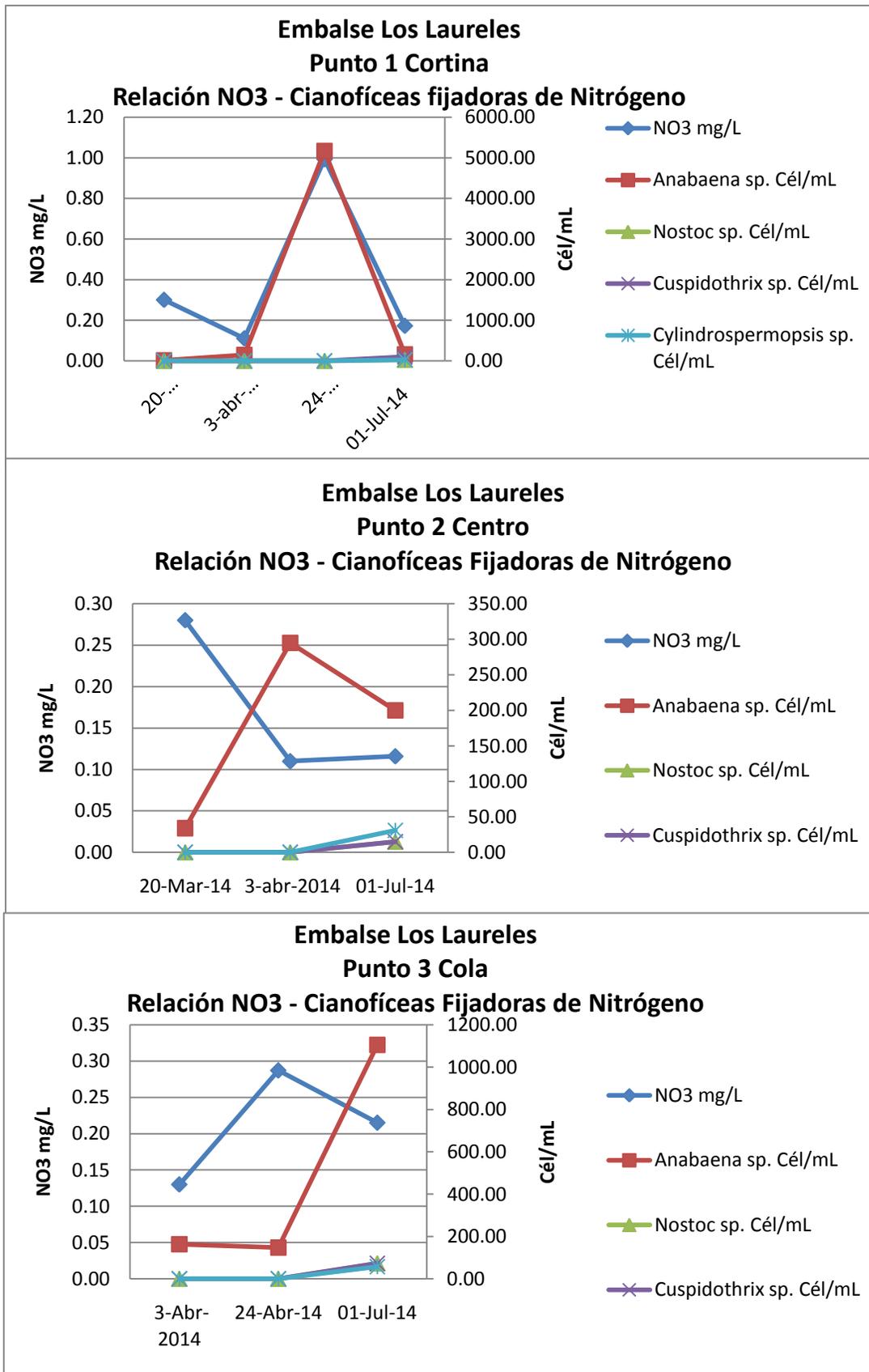


Figura 31. Relación NO3 y principales cianofíceas fijadoras de nitrógeno. Únicamente en a) se presenta un patrón definido aumenta el NO3 y las cantidades de *Anabaena sp.*

Los valores del disco de Secchi se pueden ver en la figura 32.

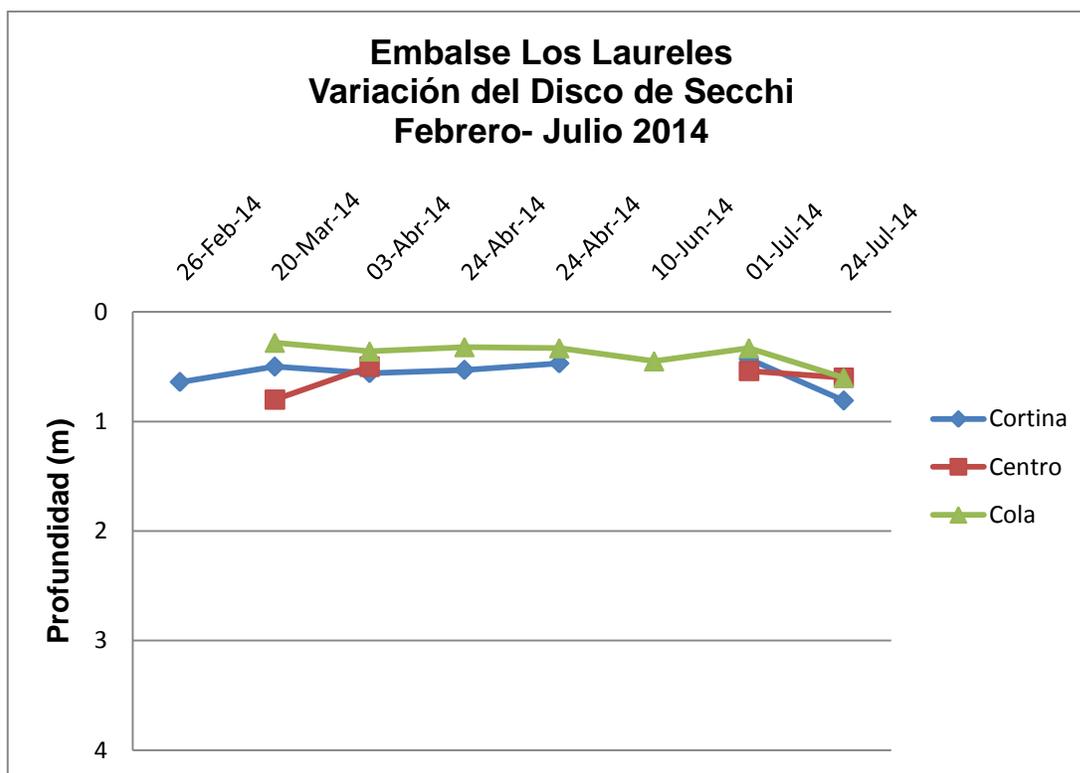


Figura 32. Transparencia de disco Secchi. Los valores del disco Secchi en metros demuestran poca transparencia del agua, específicamente la cola que es donde se presentan valores más bajos.

El cuanto al cálculo del índice de estado trófico para el año 2011 se presentan los siguientes resultados en las tablas 23, 24 y 25.

Tabla 23. Índice de estado trófico para disco Secchi

Fecha (Cortina)	Disco Secchi (m)
31-Ene-11	0.91
03-Mar-11	0.36
17-Mar-11	0.86
31-Mar-11	0.64
07-Abr-11	0.82
14-Abr-11	0.67
05-May-11	0.83
12-May-11	0.58
19-May-11	0.6
02-Jun-11	0.46
17-Jun-11	0.78
28-Jun-11	0.28

05-Ago-11	0.24
16-Ago-11	0.41
03-Nov-11	0.44
Promedio	0.592
TSI Toledo	58

Tabla 24. Índice de estado trófico para fósforo total

Fecha (Cortina)	Fosforo total (mg/m3)
31-Ene-11	48.9
03-Mar-11	303.18
10-Mar-11	159.74
17-Mar-11	1610.44
24-Mar-11	303.18
31-Mar-11	88.02
07-Abr-11	254.28
14-Abr-11	97.8
05-May-11	35.86
12-May-11	909.54
19-May-11	192.34
02-Jun-11	361.86
17-Jun-11	61.94
28-Jun-11	101.06
05-Ago-11	303.18
16-Ago-11	420.54
03-Nov-11	456.4
Promedio	335.78
TSI	80

Tabla 25. Índice de estado trófico para clorofila a en el verano.

Fecha (Cortina)	Clorofila a mg/m3
31-Ene-11	6.7
03-Mar-11	5.36
17-Mar-11	4.69
31-Mar-11	34.84
07-Abr-11	18.76
14-Abr-11	8.49
05-May-11	14.47
12-May-11	58.69
14-May-11	260

19-May-11	42.21
Promedio	45.421
TSI	68

Toledo: O: TSI<44; M: 44<TSI<54, E: TSI>54

CONCLUSIONES

1. El afloramiento del fitoplancton es un problema ecosistémico donde factores como: el arrastre de nutrientes y materia orgánica es agravado por la deforestación, la agricultura, la actividad industrial y doméstica representan un problema que se manifiesta como síntomas que afectan la calidad del agua del embalse y esto con el tiempo puede provocar que su tratamiento sea más costoso.
2. Para controlar estos afloramientos de algas es indispensable que se trabaje a nivel de cuenca, identificando las fuentes puntuales (deforestación, la agricultura, la actividad industrial y doméstica) y difusas (urbanas y rurales) que descargan sus nutrientes en los tributarios del Río Guacerique que alimenta al Embalse Laureles, para que los análisis de laboratorio sirvan como un indicador del buen o mal manejo que se le está dando a la subcuenca del Río Guacerique.
3. El género que persistió en todos los muestreos fue *Anabaena sp.* con potencial tóxico.
4. De acuerdo a los resultados obtenidos: perfiles de oxígeno disuelto y de pH clinógrados, baja transparencia de Secchi, turbiedad elevada en el hipolimnion y un 67% de algas pertenecientes a la Clase Cyanophyceae, estos parámetros son indicadores de masas de agua con características eutróficas.
5. Por otra parte los datos del año 2011 también refuerzan estos resultados, ya que los valores del índice de estado trófico ideal (TSI) de Toledo para disco Secchi de 58, fosforo total de 80 y clorofila a de 68 son indicativos de características eutróficas.
6. Sin embargo, para obtener un índice de estado trófico más exacto y evaluar como se va dando el proceso de eutrofización por año, es necesario tener más datos sobre disco Secchi, fosforo total mg/m³ y clorofila a mg/m³, para

ello estar pendiente de hacer los análisis de estos tres parámetros mínimo una vez por mes, y así obtener conclusiones más certeras, ya que estas relaciones son más precisas cuando los estudios se realizan por ciclos anuales.

7. Con los resultados del porcentaje de similitud de Sorensen indica que, donde hay mayor similitud, en cuanto a la abundancia de las especies de fitoplancton es en la cortina – centro, estos dos puntos están más cercanos en el Embalse, comparados con el centro – cola que están más distantes, mientras que los valores más bajos con 20%, 58%, 23% y 51 % los presentó la relación cortina – cola, puntos que están muy distantes uno del otro.
8. De acuerdo con el índice de Shannon el centro es donde se registra mayor diversidad de especies con valores de 1.47, 1.57, 2.62, debido a que este punto presenta condiciones lólicas; en la cortina con valores de 1.45, 1.44, 2.51 y la cola con 0.91, 1.18, 0.89 presentan menor diversidad ya que son sitios donde hay condiciones lenticas.
9. Una hipótesis que se debería estudiar es con respecto al O-PO₄ y NO₃, si cuando baja el primero y aumenta el segundo, hay afloramiento de las cianobacterias.

RECOMENDACIONES

Ventajas y desventajas del SANAA

- **Ventajas**
 1. Se cuenta con un equipo interdisciplinar: microbióloga, químicas farmacéuticas, ingenieros y técnicos de laboratorio, contribuyendo a que el trabajo sea más completo y complementario.
 2. En el laboratorio cada quien cumple con sus funciones, pero los resultados se unen en informes mensuales dirigidos a Salud Pública o a las autoridades interesadas en el tema.
 3. El laboratorio cuenta con el equipo y el material para hacer el trabajo de campo y los análisis de las muestras.
- **Desventajas**
 1. El laboratorio no cuenta con el microscopio y sin esta herramienta este trabajo no se puede llevar a cabo.

2. Mantener los monitoreos de fitoplancton, para ello se debe contar con una persona encargada de realizar estos análisis de manera permanente y así comprender mejor la dinámica de las algas en el embalse.
3. Por razones de salud se deben mejorar las condiciones de la lancha para evitar la exposición directa al sol.

Otras recomendaciones para la Institución

1. Es importante informar a los usuarios y población en general, acerca de qué son las floraciones de cianobacterias, cómo reconocerlas, dónde y por qué ocurren, así como sus efectos y cuáles son las formas de disminuir la exposición a las mismas (UNESCO, 2009). Esto como forma de crear conciencia, para ir disminuyendo la contaminación producida a nivel de cuenca que tiene como efecto la aceleración de los procesos naturales.
2. Otras medidas de tipo preventiva que se pueden dar, es por medio de la educación ambiental, para ello realizar campañas en las diferentes escuelas de la Sub cuenca Guacerique con ayuda del personal técnico y profesional que trabaja en la Planta Los Laureles.
3. En los muestreos de verano y de invierno coleccionar muestras de fitoplancton en los puntos marcados de la Sub cuenca del Río Guacerique, para comprobar si hay o no presencia de estos organismos.
4. Realizar el mismo trabajo de monitoreo de fitoplancton en La Represa de Concepción por ser una fuente de abastecimiento de gran importancia, ya que por razones de logística no se pudo llevar a cabo ningún muestreo durante los cinco meses de práctica.
5. Incluir análisis de sílice para correlacionarlos con las diatomeas como *Melosira sp.*, *Aulacoseira sp.*, *Nitzschia sp.*, *Coscinodiscus sp.* encontradas en el Embalse Laureles durante los muestreos.

Ventajas y desventajas de la formación recibida en la carrera de Biología.

- Ventajas
 1. La enseñanza del método científico como herramienta de trabajo para identificar problemas y buscar como solucionarlos.

2. Realizar trabajos de revisión bibliográfica (como buscar información, que información es confiable, como citar trabajos), de campo (métodos de colecta, de muestreo, manejo de equipo y material), laboratorio (como analizar muestras, manejo de equipo y material, en la identificación taxonómica como usar las claves) y de redacción (uso de programas de computación excell, Word, power point, R, como elaborar y estructurar un informe) durante el transcurso de las clases que abarcan el plan de estudio.
 3. Haber cursado clases con orientación en biología básica, biología aplicada y en la producción.
 4. La oportunidad de poder trabajar en la Institución siendo estudiante, muy valiosa para la formación profesional.
 5. La enseñanza del trabajo en grupos, ya que en el ámbito profesional se trabaja mucho en grupos.
- Desventajas
 1. En giras de campo y en los laboratorios los grupos son muy numerosos y por ello no todos tienen el acceso a los instrumentos.
 2. Fortalecer la enseñanza del método científico profundizando más en su estudio.
 3. Para mejorar la debilidad en estadística, desarrollar más talleres con énfasis en el uso de programas de computación para análisis de datos y también de cómo interpretar los datos que se obtienen.
 4. Crear convenios entre la Carrera de Biología con otras instituciones que brinden a los practicantes oportunidades de poder realizar su servicio social.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Fecha Actividad	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Revisión Bibliográfica		2, 22,	2, 6, 8, 9, 13, 14, 15	3, 6, 19, 27	1, 8	5, 6, 8
Muestreo de los tres puntos del embalse Los Laureles; Cortina, centro y cola	Juev 20	Jueves 3 Jue 24, 29	Mar 6 y Mier 14	Mar 10	Mar 1, juev 24	12
Análisis de Muestras UNAH	Mier 26 y vier 28	Mier 2, Vier 4, Mier 9, jue 10, lun 28, y Abr 30	Lun 5, Mier 7, Lun 19, Mier 21, Lun 26 y Mar 27.	Lun 2, Mier 4, lun 9, Mier 11, Lun 16, mier 18, Lun 23 y Lun 30.	Mier 2, Lun 7, Mier 9, Lun 14 y Mier 16.	13
Muestreo Tatumbla y Sabacuante	Martes 25					
Muestreo Rio del Hombre	Juev 27					
Muestreo Subcuenca Guacerique (8 puntos de muestreo)		Mar 1				
Fuentes del Noroeste (presa Jutiapa, tanques del Hatillo y la planta de tratamiento El Picacho)		Mar 8				
Muestreo El Chimbo y Miraflores		Mier 23				
Elaboración de base de datos	27	3, 7, 24, 25, 29	2, 6, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 20, 22, 23, 28, 29		18, 25	1, 5

Elaboración de Catálogo del fitoplancton presente en el Embalse Los Laureles				9, 17, 20, 25, 26, 27, 30	4, 8, 10, 18, 22, 29	
Redacción de informe final				5, 6, 10, 12, 13, 17, 27	1, 10, 15, 17, 18, 25, 29, 31	1, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 14
Presentación de informe final						15

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, K. 2013. Estudio de la Variabilidad en la Población de Fitoplancton Presente en el Embalse Federico Boquín “Los Laureles”. Informe final de práctica profesional supervisada. Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANNA). Tegucigalpa, M.D.C. 47 pág
- Emanuelli, P. 2010. Metodología para la medición y evaluación de la biodiversidad en inventarios forestales. San Salvador.
- Karp, G. 2010. Biología Celular y Molecular. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México D.F. 765 pág.
- Meichtry, N., Vogler, R., Llano, V. y Martens, I. 2013. Fitoplancton del embalse Yacyretá (Argentina - Paraguay) a una década de su llenado. Revista Mexicana de Biodiversidad 84: 225-239.
- Ryding, S. y Rast, W. 1992. El Control de la Eutrofización en Lagos y Pantanos. UNESCO. Ediciones Pirámide, S.A. Madrid, España. 375 pág.
- Rigola Lapeña, M. 1999. Tratamiento de Aguas Industriales. Aguas de proceso y Residuales. Algaomega. México D.F. 157 pág.
- Rodríguez, I., Bustamante, A., Ruibal, L., Ruíz, A. y Busso F. 2008. Estudio del fitoplancton en el marco de monitoreo del Embalse San Roque (Cba). IV Congreso Argentino de Limnología, 27 al 31 de Noviembre de 2008, San Carlos de Bariloche.
- Smith, R. y Smith, T. 2001. Ecología. 4ta Edición. Pearson Educación, S.A. Madrid, España. 642 pág.

- Studer, E. 2007. Evaluación de Parámetros físicos, químicos y biológicos Indicadores del Estado Trófico del Lago de Yojoa, Honduras. EPFL-CESCCO. Lausanne. 78 pág.
- Tavera, M. 2013. Metodología para la gestión y planificación de un sistema de agua potable con suministro intermitente: aplicación a la ciudad de Tegucigalpa, Honduras. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 360 pág.
- Vila, I., Ilse, B. y V. Montecino. 1987. Abundancia y distribución temporal del fitoplancton en el Embalse Rapel, Chile Central. Revista Chilena de Historia Natural 60: 37-55.
- UNESCO. 2009. Cianobacterias Planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión. Sylvia Bonilla (editora). Documento Técnico PHI-LAC, N° 16.
- Wetzel, R. 1981. Limnología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 679 pág.
- Wetzel, R. 1983. Limnology. Segunda Edición. Traducido del inglés por alba Isbela Hernández Oviedo.

ANEXOS

Anexo I. Lista del fitoplancton identificado en el Embalse los Laureles 20 marzo 2014 – 1 Julio 2014.

Cianobacterias algas verde - azules

1. *Anabaena sp.*
2. *Microcystis sp.*
3. *Nostoc sp.*
4. *Cuspidothrix sp.*
5. *Cylindrospermopsis sp.*
6. *Pseudanabaena sp.*
7. *Lyngbya sp.*

Diatomeas algas silíceas

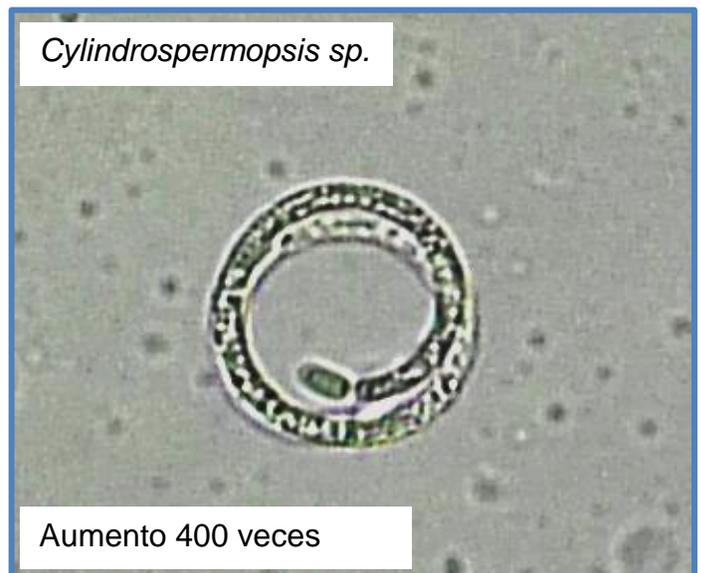
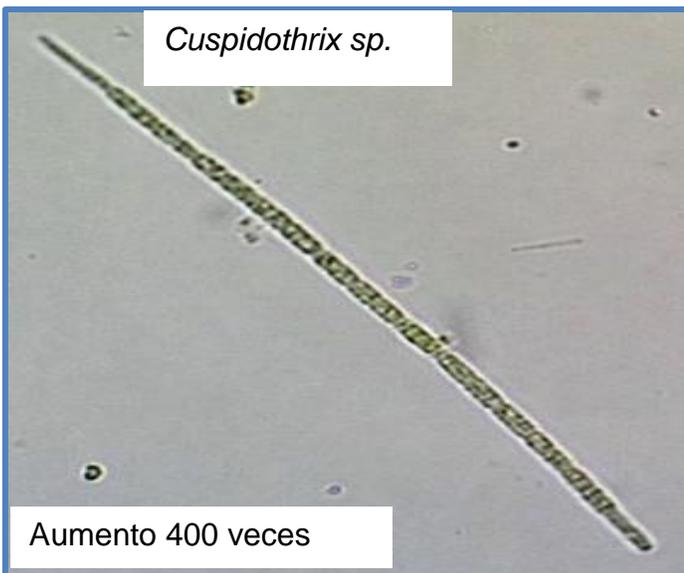
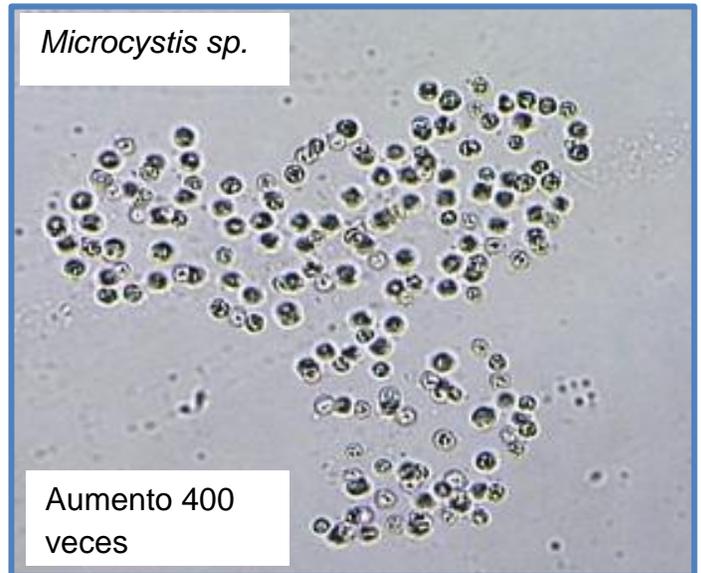
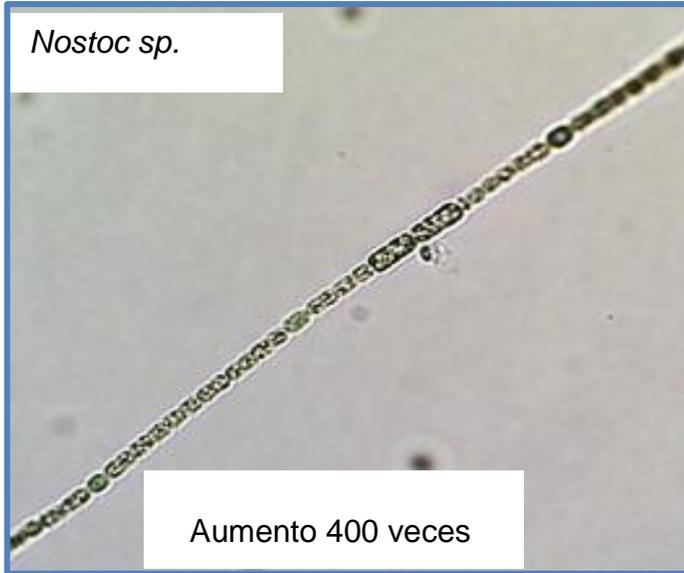
8. *Nitzschia sp.*
9. *Navicula sp.*
10. *Aulacoseira sp.*
11. *Melosira sp.*
12. *Coscinodiscus sp.*

Chlorofitas (algas verdes)

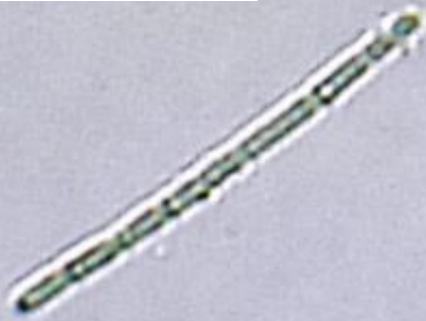
13. *Spirogyra sp.*
14. *Closterium sp.1*
15. *Closterium sp.2*
16. *Staurastrum sp*
17. *Scenedesmus sp.*
18. *Ankistrodesmus sp.*
19. *Actinastrum sp.*
20. *Sphaerocystis sp.*
21. *Chlorella sp.*

Anexo II. Figuras de los organismos identificados en los muestreos correspondientes al 20 marzo 2014 – 24 Julio 2014.

Cianobacterias algas verde - azules

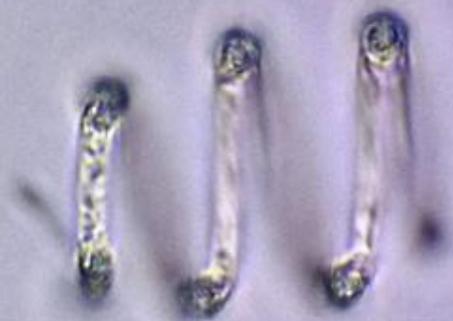


Pseudanabaena sp.



Aumento 400 veces

Lyngbya sp.



Aumento 1000 veces

Anabaena sp.



Aumento 1000 veces

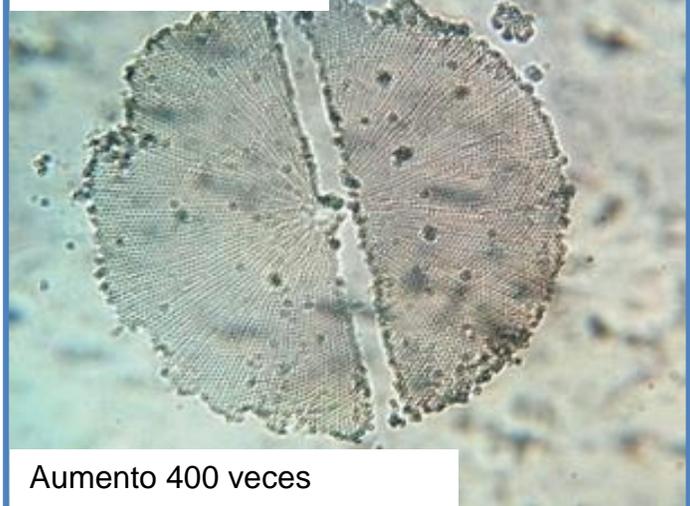
Diatomeas algas silíceas

Nitzschia sp.



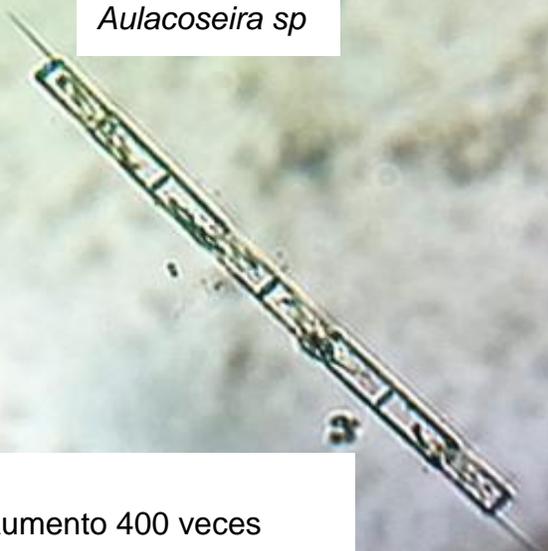
Aumento 400 veces

Coscinodiscus sp.



Aumento 400 veces

Aulacoseira sp.

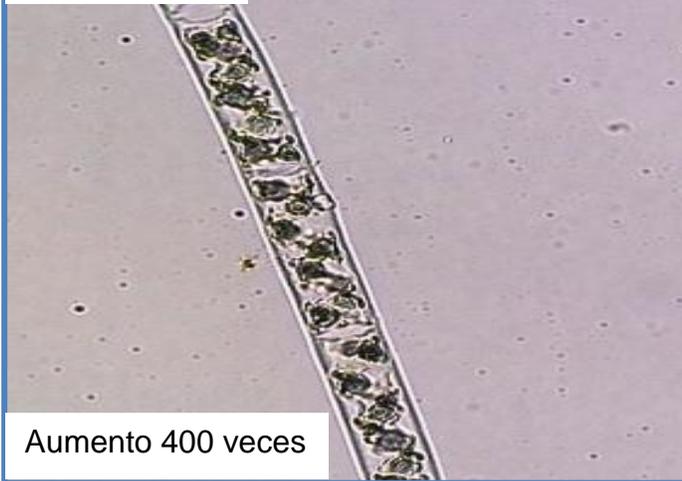


Aumento 400 veces

Melosira sp.



Aumento 1000 veces

Chlorofitas (algas verdes)*Spirogyra sp.*

Aumento 400 veces

Closterium sp. 1

Aumento 400 veces

Closterium sp. 2

Aumento 400 veces

Staurastrum sp.

Aumento 400 veces

Scenedesmus sp.



Aumento 400 veces

Ankistrodesmus sp.



Aumento 400 veces

Actinastrum sp.



Aumento 400 veces

Sphaerocystis sp.



Aumento 400 veces

Chlorella sp.



Aumento 400 veces

Anexo III. Fotos de las actividades realizadas



Arrastre de fitoplancton Embalse Laureles



Registro de datos Embalse Laureles



Muestreo Presa Jutiapa



Muestreo Río Guacerique



Muestreo Río Guacerique



Muestreo Río Guacerique



Muestreo Río Guacerique



Muestreo Picacho



Muestreo Miraflores



Análisis de fitoplancton en la UNAH



Análisis de clorofila a en el SANAA



Trabajo de Redacción

Anexo IV. Tablas de los parámetros físico - químicos

3/Abril/2014 Punto 1 Cortina

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	pH	O2 Disuelto mg/l	Turbiedad (NTU)	Observaciones
Superficial 0	08:35 a.m.	25	6.27	4.27	25	
Disco Secchi (m) 0.56	08:36 a.m.	24.8	6.4	4.12	24.6	0.56 m
1	08:49	25	6.8	4.3	28.5	
2	08:51 a.m.	24.9	6.88	4.21	24.2	
3	08:52	24.5	6.96	4.4	24.5	
4	08:55 a.m.	24.4	7	4.25	25.1	
5	08:57 a.m.	24.4	6.97	3.11	23.6	
6	08:59 a.m.	24	6.8	1.23	24	
7	09:00 a.m.	24.2	6.82	3.58	24	Leve mal olor
8	09:02	23.4	6.8	0.94	25.5	Moderado mal olor
9	09:05	24	6.75	3.06	24.5	
10	09:06	23.3	6.75	1.33	23.2	
11	09:09	24.1	6.75	2.62	24	
12	09:11	23.5	6.76	2.36	24.8	
13	09:14	22.1	6.73	0.7	24.3	
14	09:15	22.1	6.65	0.64	24.8	
15	09:17	22.1	6.63	0.43	25.1	Mal olor
16	09:19	22.1	6.6	0.45	24.4	
17	09:20 a.m.	23.6	6.63	2.49	25.5	
18	09:26 a.m.	23.7	6.71	2.33	23.7	
19	09:27 a.m.	22.5	6.62	0.54	28	

20	09:28	22.2	6.6	0.63	26.7	
21	09:29	22.9	6.56	2.63	24.4	
21.65	09:30	21.8	6.55	0.54	-	

3/Abril/2014 Punto 2 Centro

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	pH	O2 Disuelto mg/l	Turbiedad (NTU)	Observaciones
Superficial 0	10:06 a.m.	26	6.6	5.21	29	
Disco Secchi (m) 0.50	10:07 a.m.	25.7	6.71	5.2	27.2	0.50 m
1	10:14	25.2	6.91	4.67	26.6	
2	10:15 a.m.	25.2	6.93	4.98	27.1	
3	10:16	24	6.96	4.98	25.3	
4	10:17 a.m.	24.9	6.98	3.93	32.6	
5	10:19 a.m.	25.3	6.97	4.82	27.6	
6	10:20 a.m.	24	6.86	0.6	24.2	
7	10:21 a.m.	23.7	6.75	0.63	23.7	
8	10:24	23.2	6.7	0.81	25.2	Mal olor
9	10:25	23.3	6.65	0.55	24.3	
10	10:29	23	6.7	0.47	24.8	
11	10:30	24.3	6.7	3.16	25.8	
12	10:32	22.8	6.65	0.7	25	
13	10:34	22.7	6.55	0.63	25.1	
14	10:35	23	6.57	0.47	24.7	
15	10:36	23.3	6.5	2.41	25	
16	10:38	23.7	6.6	2.47	-	

3/Abril/ 2014 Punto 3 Cola

Profundidad (m)	Hora	Temp°C	pH	O2 Disuelto mg/l	Turbiedad (NTU)	Observaciones
Superficial	11:03 a.m.	28	6.55	4.77	26	
Disco Secchi (m)	11:05 a.m.	27	6.6	4.59	36.8	0.36 m
1	11:07	26.2	6.6	3.97	62.5	
2	11:10 a.m.	25.7	6.6	2.49	27.4	
3	11:12	25.6	6.4	1.05	-	

24/Abril/2014 Punto 1 Cortina, 8: 26 am

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	O2 Disuelto mg/l	Observaciones
Superficial 0	08:26 a.m.	24.8	4.89	
Disco Secchi 0.53	08:34 a.m.	25.2	4.54	0.53 m
1	08:38	24.5	4.36	
2	08:40 a.m.	24.4	4.27	
3	08:41	24.2	4.74	
4	08:43 a.m.	24.4	3.89	
5	08:45 a.m.	24.3	3.54	
6	08:46 a.m.	24.3	1.97	
7	08:47 a.m.	23.9	0.9	
8	08:48	23.7	0.8	
9	08:49	24	0.63	
10	08:50	24.3	2.84	
11	08:51	23.7	0.65	Mal olor
12	08:53	23.5	0.56	"
13	08:55	23.5	0.63	"
14	08:57	23.5	0.55	"
15	08:59	23.7	0.53	"
16	09:01	23.7	0.45	"
17	09:03	23.4	0.47	"
18	09:05	23.6	0.57	"
19	09:08	23.2	0.38	"

24/Abril/ 2014 Punto 1 Cortina, 1:40 pm

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	O2 Disuelto mg/l	Observaciones
Superficial 0	01:42 p.m.	25.4	6.11	
Disco Secchi 0.47	01:43 p.m.	25.1	5.27	0.47 m
1	13:46	25	4.67	
2	01:47 p.m.	24.7	4.13	
3	13:48	24.8	4.7	
4	01:49 p.m.	25.3	5.03	
5	01:51 p.m.	24.6	2.53	
6	01:52 p.m.	24.2	1.87	
7	01:53 p.m.	24.1	1.3	
8	13:54	23.9	1.01	
9	13:55	23.9	1.34	
10	13:56	23.8	0.98	
11	13:57	23.7	0.67	
12	13:58	23.7	0.65	
13	13:59	23.6	0.55	Mal olor
14	14:01	23.7	0.5	Mal olor
15	14:02	23.5	0.4	Mal olor
16	14:04	23.5	0.68	Mal olor
17	14:05	23.4	0.39	Mal olor
18	14:07	23.3	0.61	Mal olor
18.8	14:10	23.3	0.3	Mal olor

24/abril/2014 Punto 3 Cola, 9:30 am

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	O2 Disuelto mg/l	Observaciones
Superficial 0	09:32 a.m.	25.3	5.52	
Disco Secchi 0.32	09:30 a.m.	25.2	4.61	0.32 m
1	09:36	24.7	4.44	
1.5	09:38 a.m.	24.5	3.4	

24/Abril/2014 Punto 3 Cola, 2:21 pm

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	O2 Disuelto mg/l	Observaciones
Superficial 0	02:22 p.m.	28.1	7.64	
Disco Secchi 0.33	02:25 p.m.	27.6	8.7	0.33 m
1	14:26	27.4	8.73	
1.72	02:28 p.m.	27	8.65	

1/Julio/2014 Punto 1 Cortina

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	pH	O2 Disuelto mg/l	Turbiedad (NTU)	Observaciones
0	09:39 a.m.	24.6	8.3	6.14	17.7	Superficial
0.43	09:40 a.m.	23.5	8.5	6.02	19.6	Disco Secchi
1	09:47	25	8.7	5.66	19.5	
2	09:49 a.m.	24.7	8.6	5.64	17	
3	09:51	24.3	8.4	4.78	18.8	
4	09:53 a.m.	24.2	8.2	2.31	23.6	
5	09:54 a.m.	23.8	7.9	1.24	44.3	
6	09:56 a.m.	23.5	7.7	0.93	52.3	
7	09:57 a.m.	23.6	7.6	1.16	54	
8	09:58	24	7.5	0.91	67.3	
9	10:00	23.6	7.4	0.8	67	
10	10:02	23.4	7.4	1.22	61.6	
11	10:03 a.m	23.9	7.3	1.03	68	
12	10:04	23.2	7.3	1.04	68.2	
13	10:07	23.2	7.2	1.42	73	
14	10:08	23.3	7.2	1.73	73.1	
15	10:09	23.1	7.2	1.52	73.5	
16	10:10	23.1	7.2	1.93	75	
17	10:12	23.8	7.2	2.44	69.2	
18	10:14	23	7.2	2.1	78	
19	10:15	22.8	7.2	2.2	77.9	
20	10:17	22.7	7.2	1.96	78	
21	10:19	22.6	7.2	1.76	82.1	
22	10:21	22.6	7.2	1.56	87.7	

	23	10:24	22.7	7.1	1.27	> 1000	
Mínimo			22.6	7.1	0.8	17	
Máximo			25	8.7	6.14	87.7	
Promedio			23.5481481	7.61851852	2.4337037	56.5807692	

1/Julio/2014 Punto 2 Centro

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	pH	O2 Disuelto mg/l	Turbiedad (NTU)	Observaciones
0	10:48 a.m.	25.7	8.2	6.32	17.8	Superficial
0.54	10:51 a.m.	25.3	8.4	5.88	20	Disco Secchi
1	10:58	25.7	8.7	6.44	18.3	
2	10:59 a.m.	25.5	8.7	6.07	18.6	
3	11:00	25.1	8.5	5.2	17.5	
4	11:02 a.m.	24.2	8	1.38	34	
5	11:03 a.m.	24	7.8	1.1	45.8	
6	11:05 a.m.	23	7.7	1.4	56.2	
7	11:06 a.m.	23.4	7.5	1.93	56.1	
8	11:09	23.4	7.5	1.96	60.1	
9	11:10	23.5	7.4	2.23	56.6	
10	11:13	23.1	7.4	2.03	63.5	
11	11:15	23.1	7.4	2.13	65	
12	11:16	23	7.4	1.47	68	
13	11:18	23.1	7.4	1.46	68.9	
14	11:20	23.1	7.3	1.55	70	
15	11:23	23.3	7.3	1.69	67	
16	11:25 a.m	22.9	7.3	1.21	71	

16.41	11:28	23	7.2	1.63	235	
Mínimo		22.9	7.2	1.1	17.5	
Máximo		25.7	8.7	6.44	235	
Promedio		23.9047619	7.76190476	2.88666667	64.852381	

1/Julio/2014 Cola

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	pH	O2 Disuelto mg/l	Turbiedad (NTU)	Observaciones
0	11:47 a.m.	26.6	8.7	7.75	46.8	Superficial
0.33	11:49 a.m.	26.7	8.7	7.05	45	Disco Secchi
1	11:54	26.2	8.5	5.83	45	
2	11:56 a.m.	25.5	8.3	4.72	44	
3	12:00	25.1	8.1	4.66	44	
4	12:02 a.m.	25	8	4.6	43	
5	12:03 p.m.	24.2	8	4.08	44	
6	12:05 p.m.	23.9	7.8	4.5	46	
6.82	12:08 a.m.	24.4	7.9	4.17	202	
Mínimo		23.9	7.8	4.08	43	
Máximo		26.7	8.7	7.75	202	
Promedio		25.2909091	8.22727273	5.38090909	73.1636364	

24/Julio/2014 Cortina

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	pH	Conductividad (μhoms/cm)	O2 Disuelto mg/l	Observaciones
0	08:35 a.m.	25	7.85	105.7	3.47	Superficial
0.81	08:35 a.m.	25.1	7.7	103.7	3.53	Disco Secchi
1	08:40	24.9	7.7	103.7	3.54	
2	08:42 a.m.	24.9	7.72	103.8	3.4	
3	08:45	24.9	7.76	104	3.4	
4	08:45 a.m.	24.8	7.76	103.8	3.38	
5	08:47 a.m.	24.8	7.79	103.3	3.58	
6	08:50 a.m.	24.9	7.76	103.7	3.3	
7	08:51 a.m.	24.8	7.68	103.3	2.82	
8	08:52	24.6	7.54	102.6	1.09	
9	08:54	24.6	7.41	101.3	1.08	
10	08:55	24.6	7.37	101.5	1.63	
11	08:56	24.8	7.29	97.7	0.94	
12	08:59	24.4	7.3	95.6	0.84	
13	09:08	24.6	7.22	94.2	0.61	
14	09:15	24.6	7.22	94.4	0.75	
15	09:18	24.6	7.18	93.3	0.77	
16	09:20	24.6	7.15	93.9	0.76	
17	09:22	24.6	7.14	94.6	0.96	
18	09:24	25	7.18	94.4	0.67	
19	09:27	24.9	7.14	96.3	0.76	
20	09:30	24.6	7.1	97.1	0.8	
20.5	09:31	24.3	7.11	107.4	0.2	Mal olor
Mínimo		24.3	7.1	93.3	0.2	

Máximo		25.1	7.85	107.4	3.58	
Promedio		24.732	7.4408	100	1.8424	

24/Julio/2014 Centro

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	pH	Conductividad (µs/cm)	O2 Disuelto mg/l	Observaciones
0	09:40 a.m.	25.7	7.49	103.7	4.03	Superficial
0.6	09:42 a.m.	25.4	7.66	103.8	3.98	Disco Secchi
1	09:44	25.3	7.67	103.9	4.45	
2	09:46 a.m.	25	7.57	104.1	3.71	
3	09:50	24.9	7.55	104.2	2.94	
4	09:52 a.m.	24.6	7.53	104.4	2.95	
5	09:55 a.m.	24.5	7.48	104.3	2.92	
6	09:58 a.m.	24.6	7.44	104	2.27	
7	10:01 a.m.	24.4	7.28	104.3	0.96	
8	10:13	24.5	7.3	104.4	0.82	
9	10:16	24.5	7.29	104.7	0.84	Mal olor
10	10:20	24.9	7.3	104.1	1.13	''
11	10:25	24.7	7.28	103.5	0.8	''
12	10:30	24.9	7.25	102.8	2.12	''
13	10:33	24.7	7.32	99.6	1.21	Leve mal olor
13.8	10:35	24.8	7.36	101.5	1.9	''
Mínimo		24.4	7.25	99.6	0.8	
Máximo		25.7	7.67	104.7	4.45	
Promedio		24.86111111	7.42722222	103.422222	2.34888889	

24/Julio/Cola

Profundidad (m)	Hora	Temp °C	pH	Conductividad (μs/cm)	O2 Disuelto mg/l	Observaciones
0	10:40 a.m.	25	7.35	120.6	3.37	Superficial
0.6	10:43 a.m.	25	7.38	120.7	3.28	Disco Secchi
1	10:45	24.9	7.34	120.6	3.12	
2	10:48 a.m.	24.7	7.38	120.8	3.13	
3	10:50	24.5	7.37	120.9	3.1	
3.65	10:53 a.m.	24.1	7.42	121.9	3	
Mínimo		24.1	7.34	120.6	3	
Máximo		25	7.42	121.9	3.37	
Promedio		24.6625	7.375	121	3.17125	

Anexo V. Cálculo del índice de diversidad de Shannon

Cortina 20/3/2014	ni	pi (ni/N)	log2/ pi	- H
<i>Anabaena sp.</i>	13	0.20	-2.32	-0.4643
<i>Closterium sp 1.</i>	0	0.00		
<i>Closterium sp 2</i>	0	0.00		
<i>Coscinodiscus sp.</i>	17	0.27	-1.89	-0.51
<i>Aulacoseira sp.</i>	34	0.53	-0.92	-0.4854
<i>Melosira sp.</i>	0	0.00		
	64			-1.4597

Centro 10/jun/2014	ni	pi (ni/N)	log2/ pi	- H
<i>Anabaena sp.</i>	457	0.16957328	-2.56	-0.434110863
<i>Nostoc sp.</i>	726	0.26938776	-1.89	-0.509747315
<i>Cuspidothrix sp.</i>	0	0		
<i>Microcystis sp</i>	142	0.05269017	-4.25	-0.223739438
<i>Pseudanabaena sp</i>	94	0.03487941	-4.84	-0.168867973
<i>Lyngbya sp.</i>	10	0.00371058	-8.07	-0.029959709
<i>Staurastrum sp.</i>	5	0.00185529	-9.07	-0.016835142
<i>Closterium sp.2</i>	210	0.07792208	-3.68	-0.28689538
<i>Spirogyra sp.</i>	0	0.0000000		
<i>Ankistrodesmus sp</i>	52	0.0192950	-5.69563	-0.109897125
<i>Chlorella sp.</i>	0	0.0000000		
<i>Actinastrum sp.</i>	0	0.0000000		
<i>Aulacoseira sp.</i>	784	0.2909091	-1.78136	-0.518213735
<i>Melosira sp.</i>	194	0.0719852	-3.79616	-0.27326694
<i>Nitzschia sp.</i>	21	0.0077922	-7.00375	-0.054574692
Total	2695			-2.62610831

Cola 1/jul/2014	ni	pi (ni/N)	log2/ pi	- H
<i>Anabaena sp.</i>	1105	0.28851175	-1.79	-0.51738755
<i>Nostoc sp.</i>	73	0.01906005	-5.71	-0.10889587
<i>Cuspidothrix sp.</i>	73	0.01906005	-5.71	-0.10889587
<i>Cylindrospermopsis sp.</i>	57	0.01488251	-6.07	-0.09034037
<i>Pseudanabaena sp.</i>	226	0.05900783	-4.08	-0.24092601
<i>Lyngbya sp.</i>	126	0.03289817	-4.93	-0.16205142
<i>Microcystis sp.</i>	63	0.01644909	-5.93	-0.0974748
<i>Closterium sp.2</i>	78	0.02036554	-5.62	-0.11440801
<i>Staurastrum sp.</i>	21	0.0054830	-7.51081	-0.04118199
<i>Sphaerocystis sp.</i>	10	0.0026110	-8.58120	-0.02240522
<i>Ankistrodesmus sp.</i>	31	0.0080940	-6.94893	-0.05624462
<i>Chlorella sp.</i>	1421	0.3710183	-1.43044	-0.53071858
<i>Aulacoseira sp.</i>	436	0.1138381	-3.13494	-0.35687617
<i>Melosira sp.</i>	100	0.0261097	-5.25927	-0.13731782
<i>Nitzschia sp.</i>	10	0.0026110	-8.58120	-0.02240522
Total	3830			-2.60752954