



# **UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**

Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Carrera Ingeniería en Recursos Naturales y Ambientales

Trabajo de Titulación de Tercer Nivel

Modalidad: Proyecto de Investigación

Tema:

**EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD ESPACIO TEMPORAL DE LA  
COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN EL RÍO PORTOVIEJO COMO  
INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA**

ESTUDIANTES:

JHON ALEX CHINGA VINCES

CARLOS WILLIAN RAMÍREZ CASTRO

TUTORA:

DAYANARA M. MACÍAS MAYORGA PhD

MANTA, 2019

## DERECHOS DE AUTORÍA

**Carlos Willian Ramírez Chinga y Jhon Alex Chinga Vinces**, declaramos bajo juramento que el trabajo de investigación aquí descrito es de nuestra autoría. El mismo fue realizado en el marco del proyecto ***“La ecotoxicología como herramienta de evaluación de la calidad ambiental”*** ejecutado desde la Facultad Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, bajo la Dirección de Dayanara Macías Mayorga PhD. Este trabajo no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional y se han consultado todas las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

JHON ALEX CHINGA VINCES

---

CARLOS WILLIAN RAMÍREZ CASTRO

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD ESPACIO TEMPORAL DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN EL RÍO PORTOVIEJO COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad Ciencias  
Agropecuarias, como requisito para obtener el título de:

#### INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES

---

Ing. Yessenia García Montes M. Sc  
**DECANA DE LA FACULTAD**

---

Dra. Dayanara Macías Mayorga  
**DIRECTORA DE TESIS**

#### MIEMBROS DEL TRIBUNAL

-----  
Ing. Evelyn Zambrano M.Sc.  
**Presidente del Tribunal**

-----  
Dr. Esteban Chirino Miranda PhD  
**Miembro del Tribunal**

-----  
Blgo. David Mero del Valle  
**Miembro del Tribunal**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**Dra. Dayanara Macías Mayorga**, Docente Titular Principal de la Facultad Ciencias Agropecuarias, certifico que los señores **Carlos Willian Ramírez Chinga y Jhon Alex Chinga Vincés** realizaron el Trabajo de Titulación ***“Evaluación de la variabilidad espacio temporal de la comunidad fitoplanctónica en el río Portoviejo como indicadores biológicos de la calidad del agua”*** bajo mi dirección y responsabilidad. Este Trabajo de Titulación realizado en el marco del proyecto institucional ***“La ecotoxicología como herramienta de evaluación de la calidad ambiental”***. El mismo ha sido desarrollado previa a la obtención del título de Ingenieros en Recursos Naturales y Ambientales, de acuerdo a la modalidad de titulación de Proyecto de Investigación de Tercer Nivel en la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM).

---

Dra. Dayanara Macías Mayorga PhD

**Tutora de Trabajo de Investigación**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios que con amor y compasión me ayuda en los momentos más dificultosos de esta vida para salir adelante en lo que de acuerdo con su voluntad me proponga.

A mis padres y demás familiares por brindarme su apoyo y ayuda en todo este tiempo de la vida estudiantil desde la escuela hasta la universidad y por preocuparse de que culmine mis estudios y sea un profesional.

A mi compañero y colega Alex Chinga que siempre estuvo dispuesto a ayudar y a otros compañeros y amigos que me dieron sus palabras de ánimo cuando han habido momentos difíciles.

A los docentes de la carrera de ingeniería ambiental de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí que me impartieron sus conocimientos para poner en práctica en el ámbito laboral.

A mi tutora, la Dra. Dayanara Macías Mayorga que siempre estuvo pendiente de este proyecto de investigación y que con su paciencia y dedicación nos brindó los conocimientos y herramientas necesarias para terminar con éxito este proyecto.

*Carlos Willian Ramírez Castro*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirnos en esta etapa universitaria, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia y ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

No tengo palabras para expresar mi amor y mi gratitud por mi madre Janeth Alexandra Vinces Pinargote, por su fe, su generosidad, fuerza y su incansable ayuda en todo momento, gracias a ella he llegado a culminar una etapa más de mi vida.

Gracias a mi padre John Alex Chinga Blondet por siempre darme su apoyo, su tiempo y sus consejos que sirvieron para nunca rendirme y seguir adelante.

A mi hermana, familia, amigos y futuros colegas que me ayudaron de alguna u otra manera, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

Gracias a mi compañero de tesis Carlos Ramírez, esto no hubiese sido posible culminarlo sin ayuda de él.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a la Dra. Dayanara Macías Mayorga que fue nuestra tutora durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

*John Alex Chinga Vinces*

## DEDICATORIA

Con gratitud dedico este proyecto de investigación a Dios por ser mi guía, el dador de la vida y fuerzas y que siempre está en todos los momentos de mi vida.

A mis padres el señor Carlos Wilson Ramírez y la señora Alexandra Elena Castro que con esfuerzo a lo largo de los años me han apoyado.

*Carlos Willian Ramírez Castro*

## DEDICATORIA

Todo este esfuerzo está dedicado a mi Madre querida porque sé que ella me ayudó en las buenas y en las malas y lo sigue haciendo, además de haberme dado la vida, siempre confió en mí y nunca me abandonó.

Este trabajo de investigación va dedicado a ti Janeth Alexandra Vinces Pinargote, te amo.

*John Alex Chinga Vinces*

## Resumen

El río Portoviejo presenta una problemática ambiental debido al creciente desarrollo de las actividades antropogénicas cerca de su cauce. Sin embargo, existen pocos trabajos que hayan abordado la evaluación de esta situación en esa zona. Es por ello, que este trabajo tuvo como objetivo evaluar la dinámica espacio temporal de la comunidad fitoplanctónica en el río Portoviejo como indicador biológico de la calidad del agua. Se establecieron siete puntos de muestreo a lo largo del cauce del río: Poza Honda, Santa Ana, Colón, Portoviejo, Mejía, San Silvestre. Y la Boca de Crucita. Estos puntos fueron establecidos en función de las actividades antropogénicas desarrolladas en la zona (agrícolas, ganaderas y descargas de aguas residuales). Los muestreos fueron realizados entre los meses de noviembre - diciembre del 2017 (época seca) y febrero - marzo del 2018 (época lluviosa). En todos los puntos de muestreo se tomaron muestras de agua en el curso medio del río a una profundidad entre 1,0 y 1,5 metros, para posterior análisis de clorofila *a*, e identificación taxonómica del fitoplancton. Otros parámetros físico-químicos como: salinidad, pH, conductividad, sólidos totales disueltos, sólidos totales en suspensión también fueron analizados. Dentro de la comunidad fitoplanctónica del río Portoviejo, se identificaron un total de 29 géneros representados en cuatro grupos principales: *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta* (diatomeas), *Chlorophyta* y *Euglenozoa*, siendo las diatomeas el más representativo (15 géneros), seguidas por las cianobacterias (8 géneros). De los cuatro meses de muestreo, febrero fue el mes con mayor densidad fitoplanctónica, siendo el punto 1 (Poza Honda) donde se registró una mayor abundancia de fitoplancton representado principalmente por las cianobacterias. Es evidente la variabilidad de los grupos fitoplanctónicos a lo largo del río Portoviejo, sin embargo en este estudio no se pudo determinar una relación entre esta variabilidad y los parámetros físico-químicos medidos, lo que sugiere que esta variabilidad posiblemente está siendo influenciada por otros parámetros que no fueron medidos o por el corto periodo de tiempo del muestreo.

## SUMMARY

The Portoviejo river presents an environmental problem due to the growing development of anthropogenic activities near its channel. However, there are few studies that have addressed the evaluation of this situation in that area. For this reason, this work aimed to evaluate the temporal spatial dynamics of the phytoplankton community in the Portoviejo River as a biological indicator of water quality. Seven sampling points were established along the riverbed: Poza Honda, Santa Ana, Colón, Portoviejo, Mejía, San Silvestre, and La Boca de Crucita. These points were established based on the anthropogenic activities developed in the area (agricultural, livestock and wastewater discharges). The samplings were carried out between the months of November - December 2017 (dry season) and February - March 2018 (rainy season). At all sampling points, water samples were taken in the middle course of the river at a depth between 1.0 and 1.5 meters, for further analysis of chlorophyll *a*, and phytoplankton taxonomic identification. Other physical-chemical parameters such as: salinity, pH, conductivity, total dissolved solids, total suspended solids were also analyzed. Within the phytoplanktonic community of the Portoviejo river, a total of 29 genus were identified, represented in four main groups: *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta* (diatoms), *Chlorophyta* and *Euglenozoa*. Diatoms being the most representative (15 genus), followed by cyanobacteria (8 genus). Of the four months of sampling, February was the month with the highest phytoplankton density, being point 1 (Poza Honda) where there was a greater abundance of phytoplankton represented mainly by cyanobacteria. The variability of the phytoplankton groups along the Portoviejo river is evident, however in this study it was not possible to determine a relationship between this variability and the physical-chemical parameters measured, which suggests that this variability is possibly being influenced by other parameters that were not measured or for the short sampling period.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	12
2. HIPÓTESIS PLANTEADA.....	16
3. OBJETIVOS.....	16
3.1 Objetivo general .....	16
3.2 Objetivos específicos .....	16
4. METODOLOGÍA.....	17
4.1 Área de estudio.....	17
4.2 Toma de muestras de agua .....	18
4.2.1 Análisis de sólidos suspendidos totales (SST).....	18
4.2.2 Extracción y determinación de clorofila "a" .....	19
4.2.3 Identificación y recuento celular.....	20
4.3 Análisis Estadísticos .....	22
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
5.1 Parámetros físicos-químicos .....	22
5.2 Clorofila <i>a</i> .....	25
5.3 Identificación taxonómica del fitoplancton.....	26
5.4 Densidad fitoplanctónica .....	32
5.5 Matriz de correlación de la densidad celular fitoplanctónica con los parámetros físico-químicos medidos.....	35
6. CONCLUSIONES.....	37
7. RECOMENDACIÓN .....	38
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
9. ANEXOS.....	44

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ríos cumplen diversas funciones ecosistémicas como provisión de agua para los seres humanos, autopurificación, control de inundaciones y sequías, mantenimiento de hábitat para peces, aves y otra vida silvestre, mantenimiento de los flujos de sedimento, nutrientes y salinidad de estuarios (Encalada 2009).

Los microorganismos, fundamentalmente algas, bacterias, hongos y protozoos, son muy abundantes y de gran importancia en todos los ríos, por lo cual, las comunidades microbianas tienen gran importancia en la dinámica de sustancias disueltas, tanto nutrientes inorgánicos como materia orgánica (Elosegy y Sabater 2009).

La coexistencia simultánea de numerosas poblaciones de especies en un mismo hábitat es una de las principales propiedades de las comunidades fitoplanctónicas. El fitoplancton es el principal productor primario del oxígeno atmosférico y su presencia es indispensable para el ecosistema, sin embargo, también puede ser causante de efectos nocivos para el medio acuático. Esta es una de las razones por la que es importante caracterizar las poblaciones de fitoplancton y vigilar cambios en su concentración (Ramírez 2000; Junta de Andalucía 2011).

Las modificaciones físicas y químicas en cursos de agua repercuten en las respuestas individuales, poblacionales, comunitarias y ecosistémicas de los organismos entre los que destacan las microalgas y cianobacterias, por estas razones, se han convertido en un referente del estado ecológico de cualquier ecosistema. Estos microorganismos como indicadores biológicos son importantes en ambientes continentales acuáticos por su tolerancia y sensibilidad a los cambios ambientales y por sus ciclos biológicos (Vélez-Azañero *et al.* 2016).

En sentido general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en el cual se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momento

determinados responde a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en sentido más estricto, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia, señala algún proceso o estado del ecosistema en el cual habita. También se define a un organismo indicador como una especie en particular cuya presencia demuestra la existencia de ciertas condiciones en el medio, mientras que su ausencia es la consecuencia de la alteración de tales condiciones (Pinilla 2000).

La gran variabilidad natural, espacial y temporal en los ecosistemas de ríos hace que la categorización biológica, juntamente con el impacto antrópico que recibe, sea de mayor complejidad. De este modo el fitoplancton provee una medida directa de estos impactos sobre el medio acuático debido a la rapidez y magnitud de su capacidad de respuesta ante las perturbaciones ambientales (Galea *et al.* 2014; Bustamante *et al.* 2016).

Los ríos y arroyos tienen diferentes profundidades, caudal, lecho, turbidez, concentración de nutrientes y aporte o carga contaminante, debido a la influencia antrópica. Aquí la flora fitoplanctónica es muy diversa, y en dependencia de variaciones estacionales o situaciones espacio temporales, puede existir presencia de microalgas clorofitas, diatomeas o cianobacterias, fundamentalmente, por lo tanto, existen muchos ejemplos de algas microscópicas que permiten inferir sobre la calidad de los ambientes acuáticos, esto debido a que ayudan a conocer las fluctuaciones en las masas de agua (Gómez 2007; Griffith *et al.* 2002).

Los ecosistemas fluviales se ven afectados por numerosas perturbaciones naturales, tanto hidrológicas (sequías) como físicas (deslaves). Sin embargo, algunas perturbaciones, como las de origen humano, son permanentes y afectan de manera irreversible a los ecosistemas fluviales, por lo que las aguas de los ríos experimentan un deterioro en su calidad debido principalmente a que son utilizadas como receptores de los vertidos generados en los centros poblados, las zonas industriales, las actividades agropecuarias y escorrentías (Elosegi y Sabater 2009; Quiroz *et al.* 2017).

La contaminación de cuerpos de agua es un serio problema en zonas cercanas a centros poblados. En este caso, el río Portoviejo en los últimos años ha tenido un alto índice de contaminación desde su nacimiento en la presa Poza Honda hasta su desembocadura en el sitio la Boca, en el océano Pacífico, por lo que está sometido a diferentes afectaciones por el uso incontrolado de agroquímicos, desechos de animales, aguas residuales de manera clandestina o sin tratar, residuos sólidos, entre otros, que llegan al cauce sin ningún control. Además, esta situación se agrava considerando que de este río se capta agua para plantas de potabilización de las ciudades más importantes de la provincia de Manabí (González y Navarrete 2015; Vargas 2014).

El río Portoviejo nace en la presa de Poza Honda, pasa a través de las poblaciones de Honorato Vázquez, Ayacucho, Santa Ana, Lodana, Colón, Portoviejo y Rocafuerte hasta desembocar en el océano Pacífico en el sitio La Boca. La zona de influencia del río incluye las jurisdicciones de los cantones de Santa Ana, 24 de Mayo, Portoviejo, Rocafuerte y Sucre. El río Portoviejo drena un área de 2108.29 km<sup>2</sup> y la cuenca está constituida por 3 subcuencas y 23 microcuencas (Vargas 2014).

Existen diversos estudios realizados en países de Latinoamérica en los cuales se evalúa la calidad del agua y los parámetros fisicoquímicos relacionada con la diversidad fitoplanctónica. En un estudio realizado en Colombia se analizó la asociación fitoplanctónica en el principal cuerpo de agua del sistema cenagoso de Ayapel (Córdoba), en diferentes períodos del pulso hidrológico y se reportó variación de abundancia fitoplanctónica en los diferentes meses de muestreo durante la época seca y lluviosa (Hernández *et al.* 2008).

En Perú, un estudio en la cuenca del río Locumba, se tomaron muestras de agua de diez estaciones ubicadas a lo largo de la cuenca del río, durante seis periodos en un ciclo anual, en el cual se utilizaron diatomeas como indicadores ambientales, se evaluó su diversidad y once parámetros fisicoquímicos para determinar el grado de contaminación del agua (Calizaya-Anco *et al.* 2013). En otra investigación realizada en ese mismo país,

se evaluó la calidad ecológica del agua del río Uctubamba mediante parámetros fisicoquímicos in situ, determinándose también la microflora ribereña y se establecieron siete estaciones de muestreo en la cuenca de ese río y se realizaron tres muestreos, en mayo, agosto y noviembre durante el año 2009 (García *et al.* 2011).

En una investigación realizada en ríos y arroyos de la Alta Cuenca del río Bermejo en Argentina, se estudiaron las variaciones espaciales y temporales del fitoplancton y su relación con los datos fisicoquímicos y se observaron diferencias en las variables fisicoquímicas medidas y la abundancia del fitoplancton especialmente y a lo largo del ciclo hidrológico (Moraña 2013).

En Ecuador existen otros estudios realizados, por ejemplo, una investigación realizada por Ortiz (2015) en el río Teaone, provincia de Esmeraldas, con el objetivo de relacionar las actividades antropogénicas con la posible contaminación del río, usando las diatomeas como bioindicadores de la calidad del agua. También un estudio realizado por el INOCAR (2002) cuyo principal objetivo fue de conocer la distribución de clorofila, contajes celulares y análisis cualitativos sobre la comunidad del fitoplancton realizada en 5 perfiles alrededor de la ciudad de Guayaquil (estuario interior) efectuado entre el 8 y el 14 de mayo del 2001.

El río Portoviejo no está exento de la problemática ambiental que representa el creciente desarrollo de actividades antropogénicas cerca de los cauces de los ríos. Sin embargo, existen pocos trabajos que hayan abordado la evaluación de esta situación en la zona. De allí, la relevancia de este estudio que implementa la utilización de la variabilidad espacio temporal de la comunidad fitoplanctónica como indicador de la situación ambiental de este importante ecosistema.

## **2. HIPÓTESIS PLANTEADA**

La variación espacio temporal de la comunidad fitoplanctónica del río Portoviejo puede ser utilizada como indicador de la calidad del agua.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

- Evaluar la dinámica espacio temporal de la comunidad fitoplanctónica en el río Portoviejo como indicador de la calidad del agua.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Identificar los grupos taxonómicos de la comunidad fitoplanctónica presentes en el río Portoviejo
- Analizar parámetros físicos-químicos como conductividad, sólidos totales disueltos, sólidos totales en suspensión y clorofila *a* en cada uno de los puntos de muestreo.
- Evaluar la dinámica espacial y temporal del fitoplancton en el río Portoviejo.
- Determinar si existe variación espacial y temporal de la comunidad fitoplanctónica en función de parámetros fisicoquímicos medidos en las aguas del río.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Área de estudio

Se establecieron siete puntos de muestreo en función de las actividades antropogénicas desarrolladas en la zona (agrícolas, ganaderas y descargas de aguas residuales) que van desde Poza Honda hasta la Boca de Crucita (Fig. 1 y Tabla 1). Las muestras de agua fueron colectadas en la parte media de la sección transversal del río y entre 1.0 y 1.5 m de profundidad. Los muestreos fueron realizados entre los meses de noviembre - diciembre del 2017 (época seca) y febrero - marzo del 2018 (época lluviosa).



Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en el Río Portoviejo-Manabí

Tabla 1. Descripción de los puntos de muestreo				
N°	Sitio	Este (Coordenadas UTM)	Sur (Coordenadas UTM)	Descripción
1	Poza Honda	588843.00	9876902.00	Lugar de nacimiento del río
2	Santa Ana	570002.00	9866833.00	Zona poblada
3	Colón	565410.00	9877086.00	Actividad agropecuaria
4	Portoviejo	559729.00	9883577.00	Descarga de aguas residuales
5	Mejía	559002.00	9890607.00	Actividad agrícola
6	San Silvestre	554561.00	9908180.00	Actividad agrícola
7	La Boca de Crucita	553874.00	9911029.00	Desembocadura del río

## 4.2 Toma de muestras de agua

En cada punto de muestreo en la parte media del curso del río, se tomaron tres muestras de agua en botellas plásticas de un 1L, estas fueron mantenidas en refrigeración para posterior análisis en el laboratorio de pH, conductividad, salinidad, sólidos totales disueltos, sólidos totales en suspensión, y clorofila *a*. Los parámetros fisicoquímicos como: pH, conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), salinidad (g/L) y sólidos totales disueltos (TDS) (mg/L) fueron medidos con una sonda multiparamétrica modelo JEMWAY 3540. Los sólidos totales en suspensión (SST) (g/L) fueron medidos según el manual de Métodos Estándar para la Examinación de Agua y Aguas Residuales, edición 20 (APHA 1998).

Por otra parte, en cada punto de muestreo se tomaron tres muestras de agua para la identificación del fitoplancton. Estas muestras también fueron colectadas en la parte media del curso del río. Se utilizaron botellas de vidrio color ámbar de 250 ml para protegerlas de la luz. Todas las muestras fueron fijadas con lugol (3 ml), para posterior identificación taxonómica del fitoplancton.

### 4.2.1 Análisis de sólidos suspendidos totales (SST)

Para el análisis de SST se empleó el manual de Métodos Estándar para la Examinación de Agua y Aguas Residuales, edición 20 (APHA 1998). Se utilizaron filtros de fibra de vidrio ADVANTEC grado GF75, diámetro 55 mm y porosidad 0.3  $\mu\text{m}$ . Para eliminar la humedad en los filtros, estos fueron secados en la estufa a 103-105°C durante una hora. Luego de enfriar los filtros en un desecador, estos fueron pesados en una balanza

analítica, para obtener el peso inicial del filtro. La filtración de las muestras se llevó a cabo con un equipo de filtración al vacío. Se filtraron 200 ml de muestra por punto de muestreo. Una vez filtradas las muestras, los filtros fueron colocados en la estufa a 105° durante una hora. Posteriormente fueron colocados en un desecador con sílica gel (en color azul) completamente libre de humedad, durante una hora para que se enfriaran y luego se pesaron en una balanza analítica para determinar el segundo peso.

Por último, los filtros fueron colocados en una mufla a temperatura de 550°C, durante una hora para calcinar el residuo. Los filtros con el residuo calcinado fueron colocados en el desecador donde estuvieron enfriándose al menos ocho horas. Pasado este tiempo cada filtro fue pesado en una balanza analítica.

Para calcular la concentración de los sólidos suspendidos totales (SST) se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Sólidos Suspendidos Totales } \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{(P2 - P1) * 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Dónde:

P1: Peso del filtro sin residuo (g), secado a 103-105°C.

P2: Peso del filtro + residuo (g), secado a 103-105°C.

#### **4.2.2 Extracción y determinación de clorofila "a"**

Con un sistema de filtración al vacío, 500 ml de muestra de agua fueron filtrados con el objetivo de concentrar el fitoplancton. Se utilizaron filtros de fibra de vidrio Whatman GF/F con 0.7 µm de porosidad y diámetro 47 mm. Los filtros fueron envueltos en papel de aluminio y se mantuvieron en congelación para posterior análisis de la clorofila. Se filtraron tres réplicas por cada punto de muestreo.

La extracción de la clorofila se realizó con metanol al 99% (10 ml por filtro). Dentro de la solución de metanol los filtros fueron macerados y homogenizados en frío manualmente. Se guardaron en refrigeración a 4°C y en total oscuridad durante 24 horas para posterior análisis de clorofila "a". Pasada las 24 horas se tomaron 2 ml del extracto de clorofila y se realizó la lectura de absorbancia con la utilización de un espectrofotómetro (JENWAY 6850 UV/vis.) a 665 nm y 750 nm de longitudes de onda (APHA 1998).

Para calcular la concentración de la clorofila "a" se utilizó la siguiente ecuación: (Mackinney 1941)

$$\text{clorofila } a \left( \frac{g}{L} \right) = \frac{79.95 \text{ g/L.cm} * A_{665} * v}{l * V}$$

Dónde:

79,95 g/L cm: coeficiente de extinción específico

A<sub>xxx</sub>: absorbancia a XXX nm, después de eliminar la absorbancia de la muestra a 750 nm.

v: volumen del solvente usado (ml),

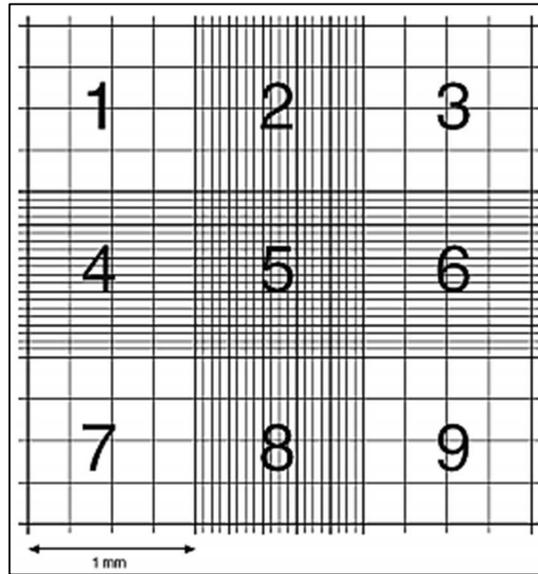
l: longitud de la celda de espectrofotometría (cm)

V: volumen de la muestra (ml)

#### 4.2.3 Identificación y recuento celular

Para la identificación y conteo celular se utilizó una cámara Neubauer de 0.1 mm de profundidad, la cual consta de nueve cuadrados con lados de 1 mm (área total de recuento = 9 mm<sup>2</sup>). Cada uno de los cuales corresponde a un volumen de 0.1 µl. El conteo se realizó en los cuatro cuadrantes de los extremos (1, 3, 7, y 9) (Fig. 2). Para la observación de las microalgas se utilizó el microscopio óptico binocular (LABOMED Lx500). Se tomaron fotos a cada muestra de fitoplancton observada. Para la

identificación de las microalgas se utilizó: el Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador (Guamán-Burneo y González 2016); La base de datos de información de algas Algae Base (Guirry y Guiry 2018); y el Atlas de cianobacterias y microalgas de aguas continentales brasileras (Sant'Anna *et al.* 2012).



**Figura 2.** Cuadrantes de la cámara de Neubauer

La densidad celular fue calculada la siguiente fórmula:

$$DC = N \times 10^4 * (F.d)$$

Dónde:

*DC*: densidad celular ( $\times 10^4$  cel/ml)

*N*: promedio de células presentes en  $1 \text{ mm}^2$  ( $0.1 \mu\text{l}$ ). Este número de células se divide por el número de cuadrantes contados. Por ejemplo, si se contaron 245 células en los cuatro cuadrantes de una de las dos cámaras, entonces la población de células corresponde a:  $61.25 \times 10^4$  cel/ml. Este resultado se le antepone al factor de conversión.

$10^4$ : factor de conversión de  $0.1 \mu\text{l}$  a  $1 \text{ ml}$

*F.d*: factor de dilución (cuando se considera necesario diluir la muestra).  $F.d = (Vol\ i. + Vol. F / vol. i)$  (Morales 2012).

#### **4.3 Análisis Estadísticos**

Un ANOVA multifactorial seguido de un posthoc de Tukey fue realizado para determinar cuál de los factores medidos pudiese estar relacionado con la variación de la densidad celular en función del tiempo y del punto de muestreo. El análisis estadístico fue llevado a cabo con el programa estadístico STATISTICA.

### **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1 Parámetros físicos-químicos**

En todos los meses de muestreo Poza Honda fue el sitio que registro los valores más bajos de pH ( $p < 0,05$ ) (Tabla 2). La salinidad no presentó variación en ninguno de los puntos de muestreo, durante los cuatro meses de estudio (Tabla 2). La conductividad aumentó de forma gradual desde el punto 1 (Poza Honda) hasta el punto 7 (La Boca de Crucita) generalmente, siendo los puntos 6 (Mejía) y 7 (La Boca de Crucita) diferentes significativamente de los demás sitios durante todos los meses de muestreo ( $p < 0,05$ ) (Tabla 2). Generalmente la mayor concentración de sólidos totales disueltos (STD) se dio en los puntos 6 (Mejía) y 7 (La Boca de Crucita) ( $p < 0,05$ ) (Tabla 2). Los sólidos totales en suspensión muestran un aumento en los puntos 5 (Portoviejo), 6 (Mejía), y 7 (La Boca de Crucita) durante todos los meses de muestreo ( $p < 0,05$ ) (Tabla 2).

Resultados similares en cuanto al aumento gradual de la conductividad desde Poza Honda hasta la Boca de Crucita fueron reportados por Dueñas (2016), en donde se registró en la presa de Poza Honda el valor más bajo de conductividad ( $164\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ), y el valor más alto cerca de la Boca de Crucita ( $49384\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Sin embargo, en nuestro

estudio todos los sitios reportaron un valor de conductividad por debajo de los 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que es indicativo que este parámetro tiene un impacto bajo en la vida acuática.

El pH del agua varió entre 6.99 y 8.29 entre todos los sitios de muestreo, esto puede ser considerado como dentro del estándar normal (6.5 y 8) según VRAP (2011).

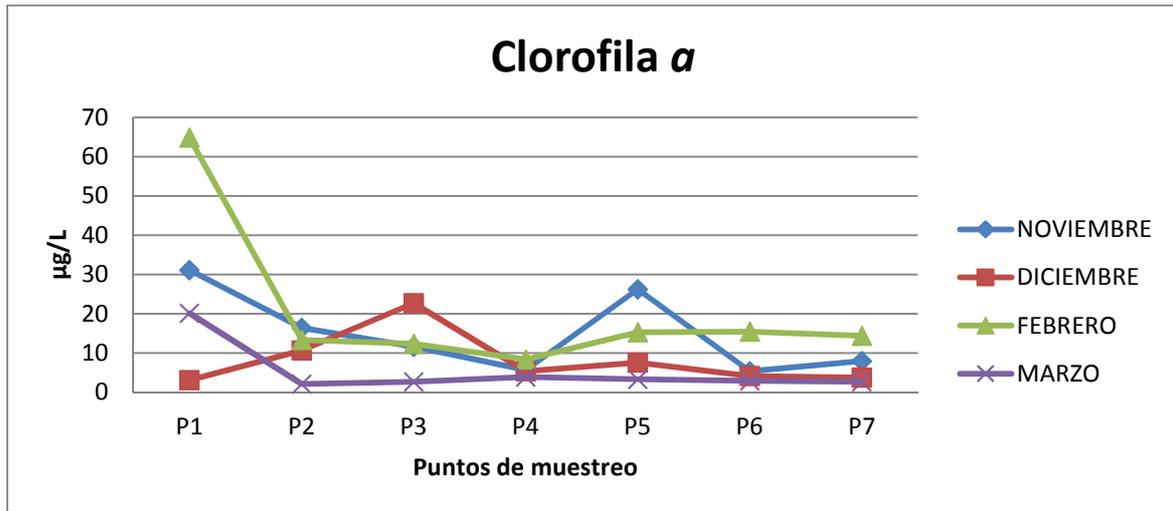
El aumento de los sólidos totales disueltos y en suspensión en los puntos 5, 6, y (Portoviejo, Mejía y la Boca de Crucita, respectivamente) puede estar relacionado al incremento de la actividad agrícola en estas zonas. La conductividad y los nutrientes (por ejemplo, fósforo y nitrógeno) en áreas forestales son relativamente bajos en comparación con las tierras cultivables. Esto puede deberse a la adición de pesticidas y nutrientes en el área agrícola, según lo explicado por Collins *et al.* (2013). La alta conductividad y los nutrientes en las áreas residenciales pueden deberse a insumos de materia orgánica en descomposición de origen humano, como los encontrados por Kaup y Burgess (2002) en aguas superficiales.

**Tabla 2.** Parámetros físicos-químicos medidos durante los meses de muestreo

MES	SITIO	pH	SALINIDAD (g/L)	CONDUCTIVIDAD ( $\mu\text{S/cm}$ )	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	CLOROFILA $a$ ( $\mu\text{g/L}$ )
NOVIEMBRE	P1	7,11 $\pm$ 0,0110	0,3 $\pm$ 0,17	40,66 $\pm$ 0,28	25,2 $\pm$ 0,1	0,0085	31,13 $\pm$ 0,64
	P2	7,11 $\pm$ 0,10	0,3 $\pm$ 0	50,13 $\pm$ 0,55	71,94 $\pm$ 0,06	0,004	16,39 $\pm$ 1,44
	P3	6,99 $\pm$ 0,07	0,3 $\pm$ 0	86,78 $\pm$ 0,51	49,17 $\pm$ 0,91	0,007	11,59 $\pm$ 4,32
	P4	7,07 $\pm$ 0,01	0,3 $\pm$ 0	95,03 $\pm$ 0,97	47,93 $\pm$ 0,81	0,034	5,73 $\pm$ 6,66
	P5	7,08 $\pm$ 0,00	0,3 $\pm$ 0	109,16 $\pm$ 6,035	87,7 $\pm$ 1,65	0,018	26,25 $\pm$ 20,70
	P6	8,00 $\pm$ 0,09	0,3 $\pm$ 0	171,4 $\pm$ 1,55	101,4 $\pm$ 0,17	0,036	5,33 $\pm$ 1,51
	P7	8,20 $\pm$ 0,03	0,3 $\pm$ 0	184,66 $\pm$ 4,22	131,4 $\pm$ 1,82	0,012	8 $\pm$ 1,05
DICIEMBRE	P1	7,49 $\pm$ 0,01	0,3 $\pm$ 0	43,33 $\pm$ 1,62	26,2 $\pm$ 0,91	0,0035	3,06 $\pm$ 2,95
	P2	8,08 $\pm$ 0,06	0,3 $\pm$ 0	52,53 $\pm$ 0,81	31,6 $\pm$ 0,46	0,0045	10,66 $\pm$ 11,34
	P3	8,29 $\pm$ 0,06	0,3 $\pm$ 0	79,63 $\pm$ 23,07	56,6 $\pm$ 1,00	0,0115	22,65 $\pm$ 18,93
	P4	8,46 $\pm$ 0,02	0,4 $\pm$ 0	99,70 $\pm$ 2,26	59,2 $\pm$ 1,55	0,0425	5,33 $\pm$ 0,46
	P5	8,25 $\pm$ 0,03	0,4 $\pm$ 0	153,47 $\pm$ 38,33	91,7 $\pm$ 23,44	0,0245	7,6 $\pm$ 6,43
	P6	8,05 $\pm$ 0,03	0,4 $\pm$ 0	181,13 $\pm$ 3,04	108,3 $\pm$ 4,22	0,0175	4,13 $\pm$ 2,45
	P7	8,23 $\pm$ 0,03	0,4 $\pm$ 0	202,83 $\pm$ 3,25	151,6 $\pm$ 53,89	0,019	3,73 $\pm$ 0,61
FEBRERO	P1	7,06 $\pm$ 0,06	0,3 $\pm$ 0	43,10 $\pm$ 3,67	25,9 $\pm$ 2,07	0,0105	64,89 $\pm$ 5,28
	P2	8,00 $\pm$ 0,08	0,3 $\pm$ 0	58,77 $\pm$ 1,72	35,17 $\pm$ 1,40	0,012	13,32 $\pm$ 0,83
	P3	8,25 $\pm$ 0,04	0,3 $\pm$ 0	94,70 $\pm$ 2,72	56,63 $\pm$ 1,72	0,0715	12,39 $\pm$ 1,06
	P4	8,34 $\pm$ 0,01	0,4 $\pm$ 0	171,07 $\pm$ 5,77	102,33 $\pm$ 3,66	0,063	8,4 $\pm$ 4,23
	P5	7,63 $\pm$ 0,10	0,4 $\pm$ 0	131,50 $\pm$ 6,22	81,53 $\pm$ 2,01	0,1195	15,32 $\pm$ 2,57
	P6	7,91 $\pm$ 0,06	0,4 $\pm$ 0	211,33 $\pm$ 3,21	129,47 $\pm$ 1,60	0,0885	15,45 $\pm$ 1,22
	P7	7,96 $\pm$ 0,01	0,4 $\pm$ 0	183,87 $\pm$ 3,45	112,97 $\pm$ 2,62	0,0775	14,39 $\pm$ 2,88
MARZO	P1	7,06 $\pm$ 0,03	0,3 $\pm$ 0	48,07 $\pm$ 3,35	28,93 $\pm$ 1,89	0,0005	20,12 $\pm$ 2,41
	P2	7,98 $\pm$ 0,07	0,3 $\pm$ 0	65,33 $\pm$ 1,63	39,26 $\pm$ 0,95	0,084	2,13 $\pm$ 0,46
	P3	8,24 $\pm$ 0,05	0,4 $\pm$ 0	118,53 $\pm$ 2,57	71,03 $\pm$ 1,46	0,327	2,66 $\pm$ 1,22
	P4	7,90 $\pm$ 0,13	0,4 $\pm$ 0	140,30 $\pm$ 2,36	83,96 $\pm$ 1,46	0,142	3,87 $\pm$ 0,46
	P5	7,97 $\pm$ 0,03	0,4 $\pm$ 0	148,60 $\pm$ 2,19	89,16 $\pm$ 1,67	0,075	3,33 $\pm$ 0,23
	P6	7,81 $\pm$ 0,28	0,4 $\pm$ 0	182,27 $\pm$ 2,56	109,4 $\pm$ 1,56	0,1235	2,93 $\pm$ 0,61
	P7	8,15 $\pm$ 0,05	0,4 $\pm$ 0	194,43 $\pm$ 1,07	116,67 $\pm$ 0,76	0,0945	2,67 $\pm$ 1,01

## 5.2 Clorofila *a*

Generalmente la mayor concentración de clorofila *a* se registró en Poza Honda en todos los meses de muestreo (Tabla 2 y Figura 5). Este valor de clorofila estuvo principalmente influenciado por la presencia del grupo de cianobacterias que fue el predominante en ese punto.



**Figura 3.** Concentración de clorofila *a* en los distintos puntos de muestreo en el río Portoviejo.

De forma general, la clorofila *a* suele ser más alta en áreas residenciales que en bosques y en tierras cultivables, debido a la entrada de nutrientes de aguas residuales domésticas no tratadas (Kawasaky *et al.* 2009). Lo que nos sugiere que Poza Honda está siendo fuertemente afectada por la disposición de nutrientes en el medio, y la presencia de cianobacterias puede ser utilizada como un bioindicador de este tipo de contaminación.

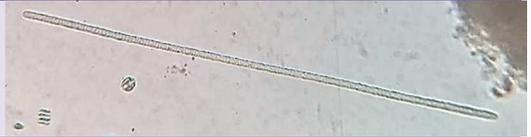
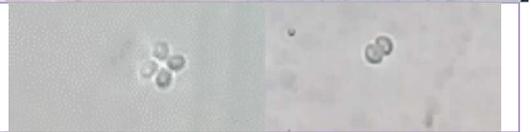
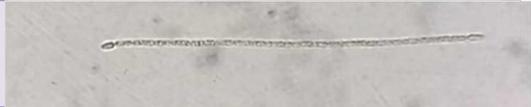
Según VRAL (2011) valores de clorofila *a* por debajo de 3 µg/L se consideran aguas de excelente calidad, entre 3 y 7 µg/L se considera de buena calidad, entre 7 y 15 µg/L calidad moderada, y por encima de estos valores se consideran concentraciones perjudiciales para las aguas superficiales. De acuerdo a esto, los valores obtenidos de clorofila *a* en todos los meses de muestreo, nos sugiere que de forma general el agua del río Portoviejo está afectada por disponibilidad de nutrientes, excepto en el mes de marzo que prácticamente en todos los puntos de muestreos no alcanzan un valor de clorofila superior a 3 µg/L (a excepción de Poza Honda con un valor de 20,12 µg/L). La

reducción de los niveles de clorofila *a* en el mes de marzo puede estar relacionada al aumento de las lluvias que pueden conducir a la dilución de los nutrientes y otros compuestos en el medio, además de aumentar el grado turbidez del agua.

### **5.3 Identificación taxonómica del fitoplancton**

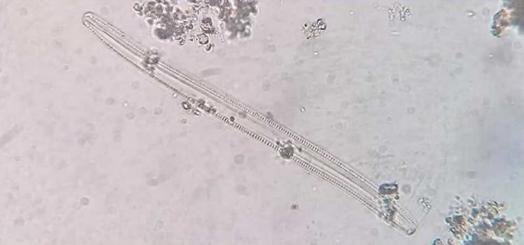
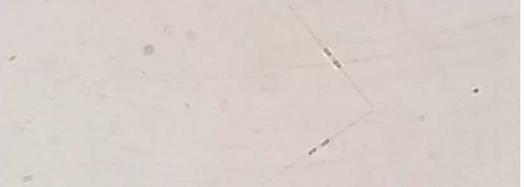
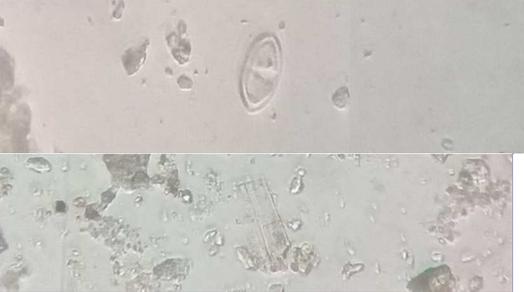
Se identificaron un total de 29 géneros de fitoplancton que comprenden cuatro divisiones: *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta* (diatomeas), *Clorophyta* y *Euglenozoa*. El grupo predominante fue el de las diatomeas con 15 géneros, seguidas por las cianobacterias con 8 géneros (Tabla 3).

**Tabla 3.** Taxones fitoplanctónicos identificados en los distintos puntos de muestreos ubicados en el río Portoviejo

Dominio	Reino	División	Clase	Orden	Familia	Género	
Prokaryota	Eubacteria	Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoria		
					Oscillatoriales	Phormidium	
					Microcoleaceae	Planktothrix	
				Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	
				Nostocales	Aphanizomenonaceae	Cylindrospermopsis	

						<i>Raphidiopsis</i>	
					<i>Nostocaceae</i>	<i>Anabaena</i>	
				<i>Synechococcales</i>	<i>Pseudanabaenaceae</i>	<i>Pseudanabaena</i>	
<i>Eukaryota</i>	<i>Chromista</i>	<i>Bacillariophyta</i>	<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Naviculales</i>	<i>Naviculaceae</i>	<i>Navicula</i>	
						<i>Gyrosigma</i>	
					<i>Pinnulariaceae</i>	<i>Pinnularia</i>	
							

					<i>Amphipleuraceae</i>	<i>Halamphora</i>	
					<i>Sellaphoraceae</i>	<i>Sellaphora</i>	  
			<i>Fragilariales</i>	<i>Fragilariaceae</i>	<i>Synedra</i>		
					<i>Fragilaria</i>	 	
			<i>Surirellales</i>	<i>Surirellaceae</i>	<i>Surirella</i>	 	

				<i>Bacillariales</i>	<i>Bacillariaceae</i>	<i>Nitzschia</i>	
				<i>Cocconeidales</i>	<i>Cocconeidaceae</i>	<i>Cocconeis</i>	
				<i>Rhopalodiales</i>	<i>Rhopalodiaceae</i>	<i>Rhopalodia</i>	
				<i>Cymbellales</i>	<i>Cymbellaceae</i>	<i>Cymbella</i>	
			<i>Coccinodiscophyceae</i>	<i>Rhizosoleniales</i>	<i>Rhizosoleniaceae</i>	<i>Rhizosolenia</i>	
				<i>Aulacoseirales</i>	<i>Aulacoseiraceae</i>	<i>Aulacoseira</i>	

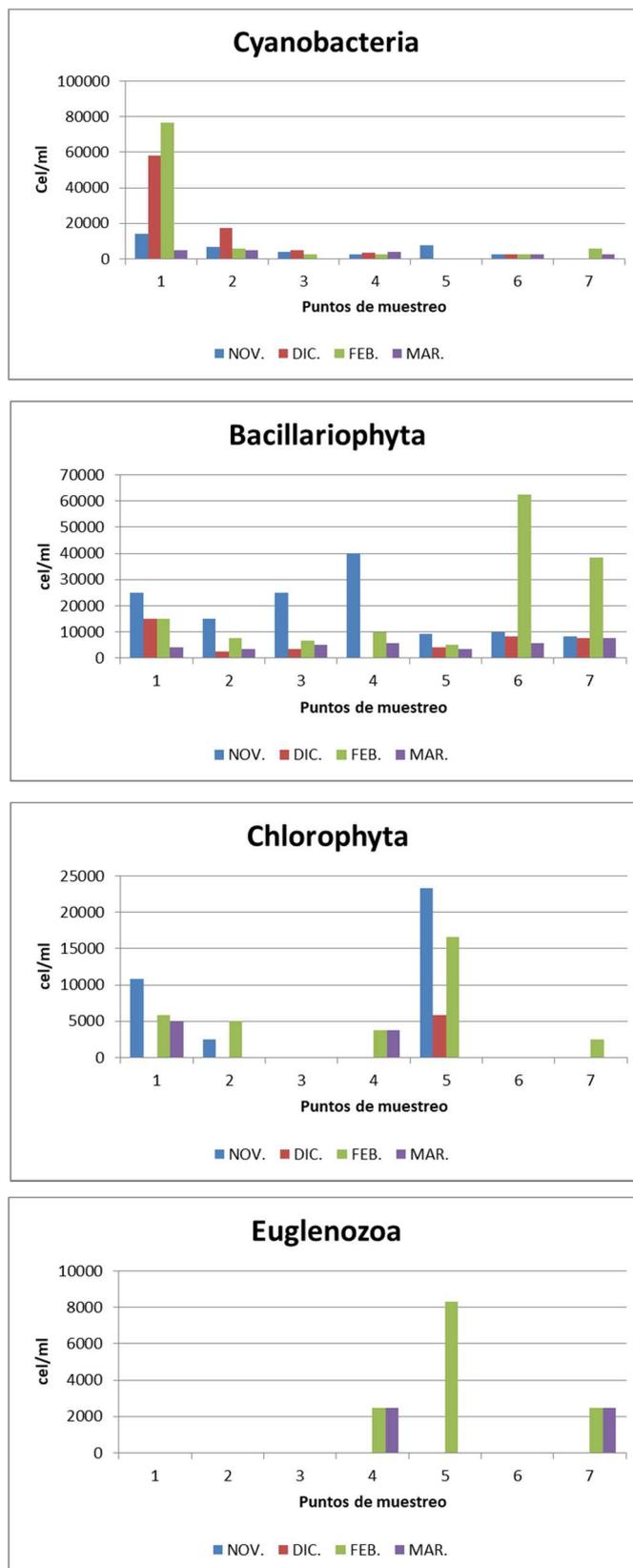
			<i>Mediophyceae</i>	<i>Stephanodiscales</i>	<i>Stephanodiscaceae</i>	<i>Cyclotella</i>	
<i>Plantae</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Sphaeropleales</i>	<i>Scenedesmaceae</i>	<i>Coelastrum</i>		
					<i>Desmodesmus</i>		
				<i>Hydrodictyceae</i>	<i>Stauridium</i>		
			<i>Chlamydomonadales</i>	<i>Chlamydomonadaceae</i>	<i>Chlamydomonas</i>		
			<i>Trebouxiophyceae</i>	<i>Chlorellales</i>	<i>Oocystaceae</i>	<i>Nephrocytium</i>	
<i>Protozoa</i>	<i>Euglenozoa</i>	<i>Euglenophyceae</i>	<i>Euglenales</i>	<i>Phacaceae</i>	<i>Phacus</i>		

#### 5.4 Densidad fitoplanctónica

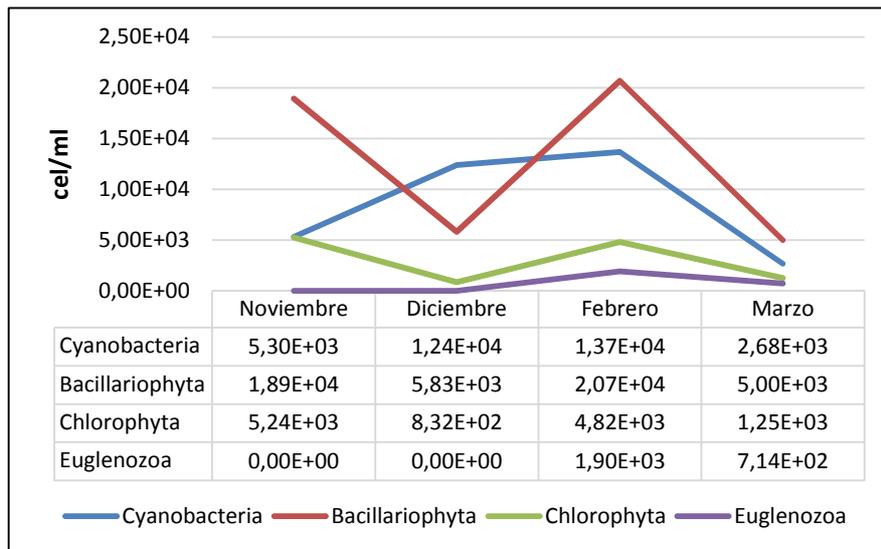
El mes de febrero fue el que registró la mayor densidad fitoplanctónica, mientras que el mes de marzo fue donde se observó la densidad más baja (Tabla 4). Al comparar los puntos de muestreo se observó que Poza Honda fue el sitio que presentó la mayor densidad celular en todos los meses de muestreo (Tabla 4) ( $P < 0,05$ ). Lo que concuerda con los valores máximos de clorofila  $a$  obtenidos en ese mismo sitio. En Poza Honda el grupo responsable de la alta densidad celular y la clorofila  $a$  fueron las cianobacterias.

**Tabla 4. Densidad celular total (cel/ml) en los puntos de muestreo durante los cuatro meses muestreados en el río Portoviejo**

Puntos de muestreo	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo
Poza Honda	2,58E+04	7,25E+04	9,83E+04	1,42E+04
Santa Ana	1,25E+04	2,00E+04	1,50E+04	6,68E+03
Colón	8,33E+03	6,68E+03	8,33E+03	4,18E+03
Portoviejo	5,00E+03	3,33E+03	7,50E+03	1,33E+04
Mejía	3,75E+04	4,18E+03	2,83E+04	3,33E+03
San Silvestre	5,83E+03	8,33E+03	6,33E+04	6,68E+03
La Boca de Crucita	8,33E+03	7,50E+03	4,66E+04	6,68E+03



**Figura 4.** Densidad celular de los cuatro grupos predominantes encontrados en los siete puntos de muestreo en el río Portoviejo.



**Figura 5.** Abundancia de los cuatro grupos de fitoplancton identificados en el río Portoviejo durante cada mes de muestreo

Durante los cuatro meses de muestreo se identificaron cuatro grupos predominantes de fitoplancton en el río Portoviejo: *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, y *Euglenozoa* (Fig.5).

La *Bacillariophyta* comúnmente llamadas diatomeas puede ser considerado el grupo predominante en el río ya que se registró en todos los puntos de muestreo. Observándose un aumento significativo de este grupo en el mes de febrero en los puntos 6 (San Silvestre) y 7 (La Boca de Crucita) ( $p < 0,05$ ) (Fig. 5 y 6). Esto puede estar relacionado a la actividad agrícola que se desarrolla en esas zonas.

La mayor abundancia de *Cyanobacterias* se dio en Poza Honda siendo diciembre y febrero los meses donde se registraron los valores más altos para este grupo (Fig. 5 y 6) ( $P < 0,05$ ). Es conocido que las cianobacterias son organismos habituales en las aguas estancadas con altas concentraciones de nutrientes.

Las Clorofitas fueron significativamente más abundantes en el punto 5 (Mejía) durante los meses de noviembre y febrero ( $p < 0,05$ ) (Fig. 5 y 6). Otro punto que está altamente influenciado por la actividad agrícola.

El grupo *Euglenozoa* fue el menos representativo, solo se reportó en los puntos 4 (Portoviejo), 5 (Mejía), y 7 (La Boca de Crucita); siendo el punto 5 durante el mes de febrero donde presentó su mayor abundancia ( $p < 0,05$ ) (Fig. 5 y 6). Este grupo se considera predominante en aguas estancadas y ricas en materia orgánica.

Según Sen *et al.* (2013) Muchos tipos de microalgas son buenas indicadoras de la calidad de agua y muchos cuerpos de agua son caracterizados en base a los grupos dominantes del fitoplancton. Muchas Desmidiaceas son conocidas por estar presentes en aguas oligotróficas mientras que unas pocas especies frecuentemente están presentes en aguas eutrofizadas. De la misma manera, muchas cianobacterias ocurren en aguas pobres en nutrientes, mientras que otras crecen bien en aguas contaminadas orgánicamente. Se han usado especies de diatomeas como indicadoras de polución orgánica. Cinco especies fueron seleccionadas como indicadoras del grado de polucion en ríos en Inglaterra. *Stigeoclonium tenue* está presente en el margen de aguas abajo de la parte del río más contaminada, *Nitzschia palea* y *Gomphonema parvulum* siempre parecen ser dominantes en zonas de contaminación moderada mientras que *Cocconeis* y *Chamaesiphon* se han reportado en áreas no contaminadas del cauce. *Navicula accomoda* es un Buen indicador de contaminación orgánica por aguas residuales ya que está presente en la mayoría de las zonas altamente contaminadas donde otras especies no podrían sobrevivir. Lo mismo ocurre para especies de *Gomphonema* la cual se encuentra en aguas altamente contaminada.

### 5.5 Matriz de correlación de la densidad celular fitoplanctónica con los parámetros físico-químicos medidos

	B:	C:	D:	E:	F:	G:
B: SST	<b>1.0000</b>					
C: SDT	0.2159	<b>1.0000</b>				
D: Conductividad	0.2732	0.9612	<b>1.0000</b>			
E: Salinidad	0.5414	0.6415	0.6633	<b>1.0000</b>		
F: pH	0.3242	0.4588	0.4748	0.5119	<b>1.0000</b>	
G: Dens. Celular	-0.1652	-0.2088	-0.1977	-0.1583	-0.4053	<b>1.0000</b>

La matriz de correlación no muestra relación significativa entre la variación de la densidad celular y los parámetros físicos-químicos medidos durante todos los meses de muestreo ( $p > 0.05$ ). La no relación de los parámetros físico-químicos medidos, con la variabilidad espacio temporal de la comunidad fitoplanctónica en el río Portoviejo puede sugerir de que parte de la variación en la abundancia del fitoplancton puede deberse a otros factores, o que este tipo de estudio debe desarrollarse en un mayor espacio de tiempo.

## 6. CONCLUSIONES

1. Dentro de la comunidad fitoplanctónica del río Portoviejo, se identificaron un total de 29 géneros representados en cuatro grupos principales: *Cyanobacteria*, *Bacillariophyta* (diatomeas), *Clorophyta* y *Euglenozoa*, siendo las diatomeas el más representativo (15 géneros), seguidas por las cianobacterias (8 géneros).
2. De los cuatro meses de muestreo, febrero fue el mes con mayor densidad fitoplanctónica, siendo el punto 1 (Poza Honda) donde se registró una mayor abundancia de fitoplancton representado principalmente por las cianobacterias.
3. Es evidente la variabilidad de los grupos fitoplanctónicos a lo largo del río Portoviejo, sin embargo en este estudio no se pudo determinar una relación entre esta variabilidad y los parámetros físico-químicos medidos, lo que sugiere que esta variabilidad posiblemente está siendo influenciada por otros parámetros que no fueron medidos o por el corto periodo de tiempo del muestreo.

## **7. RECOMENDACIÓN**

Se recomienda realizar un estudio similar al presente trabajo, pero con un espacio de tiempo de al menos doce meses. Esto permitiría establecer con mayor seguridad si los parámetros físico-químicos medidos influyen o no en la variación espacio temporal del fitoplancton en el río Portoviejo.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA (American Public Health Association). 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. (en línea). Consultado 8 de jun. 2018. Disponible en [https://www.mwa.co.th/download/file\\_upload/SMWW\\_1000-3000.pdf](https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf)

Bustamante, C.; Carmenate, M.; Margarita, G. y Loza, S. 2016. Comunidades fitoplanctónicas indicadoras del estado trófico en las Playas del Este, La Habana, Cuba. Revista Ciencias Marinas y Costeras 8(2):75-92. Consultado 12 may. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/revmar.8-2.5>

Calizaya-Anco, J.; Avendaño-Cáceres, M. y Delgado-Vargas, I. 2013. Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (*Bacillariophyceae*), Una experiencia en Tacna, Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 30(1):58-63. Consultado 22 may 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36326085012>

Collins, K.; Doscher, C.; Rennie, H.; et al., 2013. The effectiveness of riparian 'restoration' on water quality case study of lowland stream in Canterbury (en línea), New Zealand. Restoration ecology. 21(1), 40-48. Consultado 3 abr. 2019. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1526-100X.2011.00859.x>

Dueñas, J. 2016. Ecological assessment of Portoviejo river basin (Ecuador) (en línea). Tesis de maestría, Ghent University, Bélgica. Consultado 3 abr. 2019. Disponible en [https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/305/139/RUG01-002305139\\_2016\\_0001\\_AC.pdf](https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/305/139/RUG01-002305139_2016_0001_AC.pdf)

Elosegy, A. y Sabater, S. 2009. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. 1 era ed. Bilbao, España. 448 p. Consultado 16 ago. 2018. Disponible en [https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/.../DE\\_2009\\_conceptos\\_ecologia\\_fluvial.pdf](https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/.../DE_2009_conceptos_ecologia_fluvial.pdf)

Encalada, A. 2013. Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos (en línea). USFQ, Quito. Consultado 16 ago. 2018. Disponible en [https://www.usfq.edu.ec/publicaciones/polemika/Documents/polemika005/polemika005\\_007\\_articulo004.pdf](https://www.usfq.edu.ec/publicaciones/polemika/Documents/polemika005/polemika005_007_articulo004.pdf)

Galea, M.J., Bazán, G.I., Álvarez, S.B. y Martínez De Fabricius A.L. 2014. Estudio del fitoplancton aguas arriba y aguas abajo del dique embalse Casa de Piedra, río Colorado (La Pampa, Argentina). *Biología Acuática*, 30:287-300. Consultado 15 may. 2018. Disponible en [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/56945/Documento\\_completo\\_\\_pdf-PDFA.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/56945/Documento_completo__pdf-PDFA.pdf?sequence=1)

García, F., Torres, J., y Vergara, S. 2011. Calidad ecológica del agua del río Uctubamba en relación a parámetros fisicoquímicos y biológicos. *Amazonas, Perú. SCIENDO* 14 (1-2):7-19. Consultado 15 may. 2018. Disponible en <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/533>

Gómez, L. 2007. Microalgas: aspectos ecológicos y biotecnológicos (en línea). *Revista Cubana de Química*, (19)2:3-20. Consultado 15 may. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543707001>

González, M. y Navarrete, M. 2015. Determinación de las principales fuentes de contaminación del río Portoviejo, en el sector entre Andrés de Vera y Picoazá, del cantón Portoviejo. Tesis de ing. Civil. Portoviejo, Ecuador, UTM. Consultado 16 ago. 2018. Disponible en <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/4703/6/Anexo%206.pdf>

Griffith, M.; Hill, B.; Herlihy, A. y Kaufmann, P. 2002. Multivariate analysis of periphyton. *Ecological Applications*, 11(2):489-505. Consultado 29 oct 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2002.01117.x>

Guamán-Burneo, M. y González, R. 2016. Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador, Corporación para la Investigación Energética, Laboratorio de Biotecnología Energética (en línea). Quito, Ecuador. Consultado 15 jul. 2018. Disponible en <http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/Catlogo-de-Microalgas-y-Cianobacterias-del-Ecuador.pdf>

Guiry, MD & Guiry, GM. 2018. AlgaeBase (en línea). Universidad Nacional de Irlanda, Galway. Consultado 15 jul. 2018. Disponible en <http://www.algaebase.org>

Hernández-Atilano, E.; Aguirre, N.; Palacio, J. & Ramírez-Restrepo, J. 2008. Variación espacio-temporal de la asociación fitoplanctónica en diferentes momentos del pulso

hidrológico en la ciénaga de Ayapel (Córdoba), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 30(88):67-81. Consultado 22 may 2018. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0304-35842008000100006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-35842008000100006)

INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada). 2002. Estudio de las comunidades del fitoplancton en los ríos Daule, Guayas y Estero Salado. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 11(1):79-90. Consultado 30 may. 2018. Disponible en <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/publicaciones/file/154-estudio-de-las-comunidades-del-fitoplancton-en-los-rios-daule-guayas-y-estero-salado>

Junta de Andalucía. 2011. El fitoplancton como indicador de calidad (en línea). Andalucía, España, Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Informe de Medio Ambiente en Andalucía. Consultado 29 oct. 2018. Disponible en [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/ima/menuitem.5893969315ab596f7bbe6c6f5510e1ca/?vgnnextoid=41340aba4104a310VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=190cd127a1b09310VgnVCM2000000624e50aRCRD&lr=lang\\_es](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/ima/menuitem.5893969315ab596f7bbe6c6f5510e1ca/?vgnnextoid=41340aba4104a310VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=190cd127a1b09310VgnVCM2000000624e50aRCRD&lr=lang_es)

Kaup, E. and Burgess, J.S., 2003. Surface and surface flows of nutrients in natural and human impacted lake catchments on Broknes, Larsemann Hills, Antarctica (en línea). *Antarctic science* 4(4), 303-324. Consultado 03 abr. 2019. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/antarctic-science/article/surface-and-subsurface-flows-of-nutrients-in-natural-and-human-impacted-lake-catchments-on-broknes-larsemann-hills-antarctica/BA8577148BEE50A975500F34CC5ACBE9>

Kawasaki, Y.; Kawai, K.; Okubo, T., et al., 2009. Long term trend analysis of water quality. Conference: Combines IMACS World Congress/Modelling and Simulation Society-of-Australia-and-NewZealand (MSSANZ)/18th Biennial Conference on Modelling and Simulation Location: Cairns, Australia. Consultado 3 abr. 2019. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.495.8764&rep=rep1&type=pdf>

Mackinney, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions (en línea) *Journal Biol Chem*, 140:315-322. Consultado 3 abr.2019. Disponible en <http://www.jbc.org/content/140/2/315.full.pdf>

Morales, E. 2012. Manual de laboratorio de ficología (microorganismos fotosintéticos). Quito, Ecuador. 110 p.

Moraña, L. 2013. Fitoplancton de ríos y arroyos de la Alta Cuenca del Río Bermejo, Argentina (en línea). Biodiversidad. Consultado 15 may. 2018. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Liliana\\_Morana/publication/317731719\\_Fitoplancton\\_de\\_rios\\_y\\_arroyos\\_de\\_la\\_Alta\\_Cuenca\\_del\\_Rio\\_Bermejo\\_Argentina/links/594b200caca2723195de8e7b/Fitoplancton-de-rios-y-arroyos-de-la-Alta-Cuenca-del-Rio-Bermejo-Argentina.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Liliana_Morana/publication/317731719_Fitoplancton_de_rios_y_arroyos_de_la_Alta_Cuenca_del_Rio_Bermejo_Argentina/links/594b200caca2723195de8e7b/Fitoplancton-de-rios-y-arroyos-de-la-Alta-Cuenca-del-Rio-Bermejo-Argentina.pdf)

Ortiz, M. 2015. Caracterización de diatomeas como herramienta para el estudio de la calidad del agua del río Teaone. Tesis Ing. Ges. Amb. Esmeraldas, Ecuador, PUCESE. Consultado 16 ago. 2018. Disponible en <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/589>

Pinilla, A. 2000. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia (en línea). Bogotá, Colombia. 67 p. Consultado 29 oct. 2018. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Gabriel\\_Pinilla\\_Agudelo/publication/260186467\\_Indicadores\\_biologicos\\_en\\_ecosistemas\\_acuaticos\\_continental\\_de\\_Colombia\\_Compilacion\\_bibliografica/links/0f3175359674e824ac000000/Indicadores-biologicos-en-ecosistemas-acuaticos-continental-de-Colombia-Compilacion-bibliografica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gabriel_Pinilla_Agudelo/publication/260186467_Indicadores_biologicos_en_ecosistemas_acuaticos_continental_de_Colombia_Compilacion_bibliografica/links/0f3175359674e824ac000000/Indicadores-biologicos-en-ecosistemas-acuaticos-continental-de-Colombia-Compilacion-bibliografica.pdf)

Quiroz, L., Izquierdo, E., & Menéndez, C. 2017. Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 38(3) 41-51. Consultado 16 ago. 2018. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000300004&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300004&lng=es&tlng=es).

Ramírez, J. 2000. Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios (en línea). Medellín, Colombia. 207 p. Consultado 29 oct. 2018. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/44527915\\_Fitoplancton\\_de\\_agua\\_dulce\\_bases\\_ecologicas\\_taxonomicas\\_y\\_sanitarias\\_John\\_Jairo\\_Ramirez](https://www.researchgate.net/publication/44527915_Fitoplancton_de_agua_dulce_bases_ecologicas_taxonomicas_y_sanitarias_John_Jairo_Ramirez)

Sant'Anna, C.L.; Tucci, A.; Azevedo, M.T.P.; Melcher, S.S.; Werner, V.R.; Malone, C.F.S.; Rossini, E.F.; Jacinavicius, F.R.; Hentschke, G.S.; Osti, J.A.S.; Santos, K.R.S.; Gama-Júnior, W.A., Rosal, C. y Adame, G. 2012. Atlas de cianobacterias e microalgas de águas continentais brasileiras (en línea). Sao Paulo, Brasil. Consultado 15 jul. 2018. Disponible en [http://botanica.sp.gov.br/files/2013/09/virtuais\\_3atlas.pdf](http://botanica.sp.gov.br/files/2013/09/virtuais_3atlas.pdf)

Vargas, P. 2014. Programa de monitoreo de la calidad de agua del río Portoviejo (en línea). Consultado 16 ago. 2018. Disponible en <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/4703/6/Anexo%206.pdf>

Vélez-Azañero, A.; Lozano, S. y Cáceres-Torres, K. 2016. Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la Cuenca Baja del Río Lurín, Lima, Perú (en línea). *Ecología Aplicada*, 15(2):69-79. Consultado 16 ago. 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.745>

VRAP (Programa de Evaluación del Río Voluntario de New Hampshire). 2011. Water Quality Monitoring Sampling Protocols. NH Volunteer River Assessment Program. Consultado 3 abr. 2019. Disponible en <http://des.nh.gov/organization/divisions/water/wmb/vrap/index.htm>

## 9. ANEXOS





**Toma de muestras**



**Secado del residuo**



**Filtración de agua**



**Análisis de clorofila**



**Observación del fitoplancton**



**Observación del fitoplancton**



**Identificación del fitoplancton**



**Conservación de las muestras**