



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS:**

**DETERMINACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE FITOPLANCTON Y  
LA RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS  
DEL AGUA DEL RÍO OSMORE EN ÉPOCAS DE AVENIDA Y  
ESTIAJE 2017**

**PRESENTADO POR:**

**BACHILLER RONY ALEXANDER BERNAL VILLANUEVA**

**ASESOR:**

**MSc. JUAN LUIS CCAMAPAZA AGUILAR**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2019**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Página de jurados .....   | i           |
| Dedicatoria .....   | ii          |
| Agradecimientos .....   | iii         |
| Índice de contenido .....   | iv          |
| Índice de tablas.....   | vi          |
| Índice de figuras .....   | vii         |
| Índice de fotografías.....  | viii        |
| Resumen.....  | ix          |
| Abstract .....  | x           |
| Introducción .....  | xi          |
| <b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>                   |             |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática .....                | 1           |
| 1.2. Definición del problema.....                                 | 2           |
| 1.3. Objetivos de la investigación (generales y específicos)..... | 3           |
| 1.4. Justificación e importancia de la investigación.....         | 4           |
| 1.5. Variables y su operacionalización.....                       | 4           |
| 1.6. Hipótesis de investigación .....                             | 8           |
| <b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>                                 |             |
| 2.1. Antecedentes de la investigación .....                       | 12          |
| 2.2. Bases teóricas .....   | 15          |
| 2.3. Marco conceptual .....                                       | 19          |
| <b>CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b>                      |             |
| 3.1. Tipo de investigación .....                                  | 22          |
| 3.2. Diseño de investigación .....                                | 22          |
| 3.3. Población y muestra .....                                    | 22          |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....         | 26          |
| 3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....          | 26          |
| <b>CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>         |             |
| 4.1. Identificación taxonómica de fitoplancton.....               | 29          |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2. Exposición de resultados por variables ..... | 35        |
| 4.3. Contratación de hipótesis .....              | 42        |
| 4.4. Discusión de resultados.....                 | 51        |
| <b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> |           |
| 5.1. Conclusiones .....                           | 56        |
| 5.2. Recomendaciones.....                         | 57        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                          | <b>59</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                               | <b>62</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| Tabla 1 Coordenadas UTM - elipsoide de referencia: WGS 84 .....                | 5           |
| Tabla 2 Operacionalización de variables .....                                  | 7           |
| Tabla 3 Identificación taxonómica .....  | 29          |
| Tabla 4 Identificación taxonómica .....  | 30          |
| Tabla 5 Identificación taxonómica .....  | 30          |
| Tabla 6 Identificación taxonómica .....  | 31          |
| Tabla 7 Identificación taxonómica .....  | 32          |
| Tabla 8 Identificación taxonómica .....  | 32          |
| Tabla 9 Identificación taxonómica .....  | 33          |
| Tabla 10 Identificación taxonómica .....                                       | 33          |
| Tabla 11 Identificación taxonómica .....                                       | 34          |
| Tabla 12 Identificación taxonómica .....                                       | 34          |
| Tabla 13 Estadísticos descriptivos .....                                       | 36          |
| Tabla 14 Matriz de correlaciones de variables físicas y químicas .....         | 36          |
| Tabla 15 Prueba de KMO y Bartlett .....  | 37          |
| Tabla 16 Comunalidades.....  | 37          |
| Tabla 17 Varianza total explicada.....   | 38          |
| Tabla 18 Matriz de componente.....   | 39          |
| Tabla 19 Matriz de componente rotado .....                                     | 40          |
| Tabla 20 Matriz de transformación de componente.....                           | 40          |
| Tabla 21 Matriz de coeficiente de puntuación de componente.....                | 42          |
| Tabla 22 Matriz covarianzas de puntuación de componente .....                  | 42          |
| Tabla 23 Estadísticos descriptivos .....                                       | 43          |
| Tabla 24 Estadístico Z de prueba de hipótesis de caudal.....                   | 44          |
| Tabla 25 Estadístico Z de prueba de hipótesis de turbidez .....                | 46          |
| Tabla 26 Estadístico Z de prueba de hipótesis de temperatura .....             | 47          |
| Tabla 27 Estadístico Z de prueba de hipótesis de conductividad eléctrica ..... | 49          |
| Tabla 28 Estadístico Z de prueba de hipótesis de salinidad.....                | 50          |
| Tabla 29 Matriz de consistencia.....   | 99          |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Figura 1 Resultados del laboratorio fitoplancton .....                    | 35          |
| Figura 2 Sedimentación de variables físicas y químicas.....               | 39          |
| Figura 3 Componente en espacio rotado .....                               | 41          |
| Figura 4 Estadístico Z de prueba de hipótesis de caudal .....             | 44          |
| Figura 5 Estadístico Z de prueba de hipótesis de turbidez.....            | 45          |
| Figura 6 Estadístico Z de prueba de hipótesis de temperatura.....         | 47          |
| Figura 7 Estadístico Z de prueba de hipótesis de CE.....                  | 48          |
| Figura 8 Estadístico Z de prueba de hipótesis de salinidad .....          | 50          |
| Figura 9 Determinación cuantitativa de fitoplancton – abril .....         | 62          |
| Figura 10 determinación cuantitativa de diatomeas – abril .....           | 62          |
| Figura 11 Determinación cuantitativa de algas verdes – abril .....        | 63          |
| Figura 12 Determinación cuantitativa de algas cianobacterias – abril..... | 63          |
| Figura 13 Determinación cuantitativa de fitoplancton – junio.....         | 64          |
| Figura 14 Determinación cuantitativa de diatomeas – junio.....            | 65          |
| Figura 15 Determinación cuantitativa de algas verdes – junio .....        | 66          |
| Figura 16 Determinación cuantitativa de cianobacterias – junio .....      | 66          |
| Figura 17 Determinación cuantitativa de algas fitoflagelados – junio..... | 67          |
| Figura 18 Determinación cuantitativa de fitoplancton – octubre.....       | 67          |
| Figura 19 Determinación cuantitativa de diatomeas – octubre .....         | 68          |
| Figura 20 Determinación cuantitativa de algas verdes – octubre .....      | 69          |
| Figura 21 Determinación cuantitativa de cianobacterias – octubre .....    | 69          |
| Figura 22 Determinación de caudal .....                                   | 70          |
| Figura 23 Determinación de turbidez.....                                  | 71          |
| Figura 24 Determinación de temperatura.....                               | 72          |
| Figura 25 Determinación de conductividad eléctrica.....                   | 73          |
| Figura 26 Determinación de salinidad .....                                | 74          |
| Figura 27 Determinación de pH.....  | 75          |
| Figura 28 Determinación de oxígeno disuelto .....                         | 76          |
| Figura 29 Puntos de monitoreo del río Osmore .....                        | 77          |

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

|   | <b>Pág.</b> |
|---|-------------|
| Fotografía 1 Monitoreo de caudal y parámetros químicos en época de avenida            | 78          |
| Fotografía 2 Monitoreo de parámetros físicos y fitoplancton en época de avenida ..... | 78          |
| Fotografía 3 Monitoreo de fitoplancton en época de estiaje .....                      | 79          |
| Fotografía 4 Monitoreo de parámetros químicos en época de estiaje .....               | 79          |
| Fotografía 5 Monitoreo de parámetros físicos en época de estiaje .....                | 79          |
| Fotografía 6 Ranas y renacuajos en época de estiaje .....                             | 80          |
| Fotografía 7 Monitoreo de parámetros físicos y fitoplancton - estiaje .....           | 80          |
| Fotografía 8 Conformidad del servicio – multiparámetro y turbidímetro.....            | 81          |
| Fotografía 9 Calibración del equipo multiparámetro .....                              | 82          |
| Fotografía 10 Certificado de calibración de equipo turbidímetro .....                 | 83          |
| Fotografía 11 D.S. N° 004-2017-MINAM ECA del agua .....                               | 84          |
| Fotografía 12 D.S. N° 004-2017-MINAM ECA del agua .....                               | 85          |
| Fotografía 13 Cadena de custodia de enero .....                                       | 86          |
| Fotografía 14 Cadena de custodia de abril .....                                       | 87          |
| Fotografía 15 Cadena de custodia de junio .....                                       | 88          |
| Fotografía 16 Cadena de custodia de octubre .....                                     | 89          |
| Fotografía 17 Ensayos de laboratorio enero.....                                       | 90          |
| Fotografía 18 Ensayos de laboratorio abril (página 1).....                            | 91          |
| Fotografía 19 Ensayos de laboratorio abril (página 2).....                            | 92          |
| Fotografía 20 Ensayos de laboratorio junio (página 1).....                            | 93          |
| Fotografía 21 Ensayos de laboratorio junio (página 2).....                            | 94          |
| Fotografía 22 Ensayos de laboratorio octubre (página 1) .....                         | 95          |
| Fotografía 23 Ensayos de laboratorio octubre (página 2) .....                         | 96          |
| Fotografía 24 Ensayos de laboratorio octubre (página 3) .....                         | 97          |
| Fotografía 25 Ensayos de laboratorio octubre (página 4) .....                         | 98          |

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo determinar la diversidad fitoplanctónica y su relación con los parámetros fisicoquímicos del agua del río Osmore en épocas de avenida y estiaje. Se desarrolló de enero a noviembre del 2017 abarcando la época de avenida (enero y febrero) y la época de estiaje (de marzo a octubre), el área de estudio fue la desembocadura del río Osmore en la provincia de Ilo, región Moquegua. La metodología del muestreo fue de toma directa en un volumen de 250 mL y la determinación cuantitativa de fitoplancton fue por microscopio invertido. Se realizó el análisis de componentes principales de las variables (caudal, turbidez, temperatura, CE, salinidad, pH, OD), utilizando el software estadístico SPSS 25. Se realizó 170 monitoreos por duplicado de parámetros fisicoquímicos y 8 de fitoplancton, se compararon los resultados estadísticamente, utilizando la prueba de hipótesis del estadístico Z con un nivel de confianza del 95 %. Los resultados señalan que en todos los casos las variables fisicoquímicas caen fuera de la zona de aceptación, rechazando la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Durante la época de avenida no hubo presencia de fitoplancton y el parámetro de turbidez alcanzó valores de 4 840 NTU, el caudal a 3 992,10 L/s, sin embargo en época de estiaje el promedio de los parámetros de turbidez fue de 1,24 NTU, el caudal a 310,85 L/s. Se concluyó que las variables caudal y turbidez son los que contribuyen predominantemente las variaciones de diversidad fitoplanctónica en un 87,385 %.

**PALABRAS CLAVE:** Río Osmore, fitoplancton, estiaje y avenida.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the phytoplankton diversity and its relationship with the physicochemical parameters of the water of the Osmore River during flood and low water seasons. It was developed from January to November 2017, covering the flood season (January and February) and the dry season (March to October). The study area was the mouth of the Osmore River in the province of Ilo, Moquegua region. The sampling methodology was directly taken in a volume of 250 mL and the quantitative determination of phytoplankton was by inverted microscope. The main components of the variables (flow, turbidity, temperature, EC, salinity, pH, OD) were analyzed using the SPSS 25 statistical software. It was performed 170 duplicate monitoring of the physicochemical variables and 8 of phytoplankton, the results were compared statistically, using the Z statistical hypothesis test with a 95 % confidence level. The results indicate that in all cases the physicochemical variables fall outside the acceptance zone, rejecting the null hypothesis and accepting the alternative hypothesis. During the flood season there was no presence of phytoplankton and the turbidity parameter reached values of 4 840 NTU, the flow at 3 992,10 L/s, however in the low water season the average of the turbidity parameters was 1,24 NTU, the flow at 310,85 L/s. It was concluded that the flow and turbidity variables contribute predominantly to the variations of phytoplanktonic diversity in 87,385 %.

**KEYWORDS:** Osmore River, phytoplankton, flood and drought season.

## INTRODUCCIÓN

El río Osmore, conformado por la unión de los ríos Huaracane y Torata a 2 km al oeste de la ciudad de Moquegua, constituye un ecosistema lótico, con una variedad de recursos ecológicos de considerable importancia económica y ambiental para nuestro país, el cual, a pesar de estos hechos, se encuentra gravemente descuidado y pobremente identificado. Ni tan siquiera existe un estudio de sus puntos críticos de contaminación, no hay estudios de especies, poblaciones o diversidades en ningún nivel, lo cual incluye a todas las especies y poblaciones fitoplanctónicas.

El ecosistema de la desembocadura del río Osmore crea un pequeño estuario en épocas de avenida, con una alta productividad biológica y que sirve de transición entre el ambiente marino y el continental, sirviendo además de refugio y fuente de alimento de variadas especies de importancia económica y ecológica, así mismo no son escasas o raras en estas zonas actividades económicas como la pesca artesanal y la camaronicultura según refieren (Gutiérrez y Sánchez, 2007).

En los ecosistemas lóticos, la distribución espacial y temporal del fitoplancton, así como su abundancia y diversidad, están determinadas por factores físicos y químicos como el contenido de oxígeno disuelto, la temperatura, el tipo de sustrato del lecho del río, la cantidad y tipo de nutrientes, la luz y más aún por los cambios en el caudal entre las distintas estaciones (Russell y Hunter, 1979). Por lo tanto, se deben considerar las variaciones estacionales en las corrientes como factor preponderante para la comprensión del comportamiento de los componentes

bióticos del río (flora y fauna), dado que estas variaciones determinan la heterogeneidad ecológica del sistema como consecuencia de la morfometría, irregularidades de la superficie y a la intensa interacción entre los ecosistemas terrestres y acuáticos.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue realizar la identificación de la diversidad fitoplanctónica y su relación con los parámetros fisicoquímicos del agua del río Osmore en épocas de avenida y estiaje, así como recopilar información de línea base para posteriores investigaciones. Cabe mencionar que este es uno de los primeros trabajos investigativos sobre productores primarios en ambientes lóticos en la zona sur del país.

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

La contaminación del río Osmore es un problema originado desde la antigüedad, situación agravada por el aumento de las migraciones impulsadas por las actividades productivas industriales que se desarrollan en la zona, existen en la provincia de Ilo industrias mineras, pesqueras y energéticas.

El aumento del número de viviendas en las riberas del río es una realidad innegable, como ejemplo el pueblo joven San Gerónimo ubicado a 100 m aproximadamente de la orilla de la desembocadura del río Osmore, igualmente las viviendas del distrito del Algarrobal se ubican a 300 m aproximadamente de distancia de las riberas del río Osmore, distrito donde ha aumentado el número de viviendas e instituciones públicas y privadas, dedicadas a la extracción de aceite de oliva. Este incremento poblacional y extractivo, genera gran cantidad de residuos sólidos y líquidos, aumento en el uso de químicos sobretodo pesticidas, que finalmente son depositados en el río, pudiendo en última instancia alcanzar el mar.

En épocas de avenida se forma un estuario en la desembocadura del río Osmore, el cual sirve como corredor biológico, albergue y descanso para aves migratorias, por lo tanto tenemos no solo especies productoras primarias, como el fitoplancton, existe toda una variedad de especies como el camarón, el pejerrey y la lisa, además de una variedad de aves migratorias y perpetuas que añaden también importancia paisajística a la zona, y todas ellas dependientes de la estacionalidad del fitoplancton, lo que hace relevante su estudio y conservación.

## 1.2 Definición del problema

### **Pregunta general:**

¿Existe información, basada en las condiciones fisicoquímicas del agua, sobre la diversidad de fitoplancton en el río Osmore en épocas de avenida y estiaje, que pueda indicar el nivel de conservación o deterioro del ecosistema?

### **Preguntas específicas:**

- ¿Cómo la identificación de estos grupos de fitoplancton del río Osmore en época de avenida, influyen en la preservación de su ecología?
- ¿Cómo la identificación de estos grupos de fitoplancton del río Osmore en época de estiaje, influyen en la preservación de su ecología?
- ¿De qué manera los resultados de los parámetros físicos del agua del río

Osmore en época de estiaje, indican positivamente la preservación de su ecología?

- ¿De qué manera los resultados de los parámetros químicos del agua del río

Osmore en época de estiaje, indican positivamente la preservación de su ecología?

### 1.3 **Objetivos de la investigación**

#### **Objetivo general:**

- Determinar la diversidad del fitoplancton y su relación con los parámetros fisicoquímicos del agua del río Osmore en épocas de avenida y estiaje, 2017.

#### **Objetivos específicos:**

- Cuantificar la diversidad de fitoplancton que existe en el río Osmore en época de avenida, 2017.

- Cuantificar la diversidad de fitoplancton que existe en el río Osmore en época de estiaje, 2017.

- Evaluar los parámetros físicos del agua del río Osmore en épocas de avenida y estiaje, 2017 (temperatura, turbidez y caudal).

- Establecer los parámetros químicos del agua del río Osmore en épocas de avenida y estiaje, 2017 (pH, oxígeno disuelto, conductividad específica y salinidad).

#### **1.4 Justificación e importancia de la investigación**

El fitoplancton constituye la base de la cadena alimenticia en los ecosistemas acuáticos y ambientalmente desempeña un papel fundamental en la regulación del intercambio de CO<sub>2</sub> entre los cuerpos de agua y la atmósfera, así como en el sostenimiento de los niveles superiores de las cadenas tróficas. La determinación de la relación existente entre los parámetros físicos y químicos del agua con la diversidad del fitoplancton, nos indica a través de determinaciones sencillas, en que época del año podemos esperar una mayor cantidad de nutrientes y una mayor abundancia y diversidad fitoplanctónica.

Socialmente este estudio ayuda y ofrece información de primera mano (fuente primaria), sirviendo también como estudio de línea base para implementar nuevos estudios para la mejora de la calidad de vida de las localidades aledañas, el cuidado y aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos.

En lo económico este estudio revela, en que época del año el río cuenta con mayor abundancia de peces, camarones, presencia de aves migratorias y endémicas, generando a futuro proyectos sostenibles a la población.

#### **1.5 Variables y su operacionalización**

##### **Alcance:**

El presente estudio abarca la identificación de las especies y poblaciones

fitoplanctónicas presentes en el sector del río Osmore enmarcado en las siguientes coordenadas geográficas:

**Tabla 1**

*Coordenadas UTM elipsoide de referencia: WGS 84*

| <b>Zona</b> | <b>Este</b> | <b>Norte</b> | <b>Altitud</b> |
|-------------|-------------|--------------|----------------|
| <b>19</b>   | 251810 E    | 8049995 N    | 13 m s.n.m.    |

**Limitaciones:**

- No se cuenta con información de estudios hidrobiológicos del río Osmore.
- No hay estudios de línea base de identificación de especies y poblaciones fitoplanctónicas en el río Osmore.

**Variables**

**Variables independientes: Parámetros físicos y químicos del agua:**

- Temperatura (°C).
- Turbidez (NTU).
- Caudal (L/s).
- pH (pH).

- Oxígeno disuelto (mg/L).
- Conductividad eléctrica – CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).
- Salinidad (PPT).

**Variables dependientes:**

- Número de individuos (fitoplancton).
- Número de especies (fitoplancton).

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables*

| <b>Variab</b>                 | <b>Dimensión</b>                   | <b>Indicadores</b>                         | <b>Unidad de medida</b> | <b>Instrumentos</b>                               |
|-------------------------------|------------------------------------|--|-------------------------|---|
| <b>Variable dependiente</b>   | Número de individuos               | Cantidad                                   | Unidades                | Cadena de custodia y microscopio invertido        |
|                               | Número de especies                 | Taxonomía                                  | Unidades                |   |
|                               | Densidad fitoplanctónica           | Volumen                                    | (organismos/L)          |   |
| <b>Variable independiente</b> | Temperatura                        | Frio / Caliente                            | (°C)                    | Cadena de custodia, turbidímetro y multiparametro |
|                               | Turbidez                           | Dispersión de la luz                       | (NTU)                   |   |
|                               | Caudal                             | Flujo                                      | (L/s)                   |   |
|                               | pH                                 | Acidez / Neutro / Alcalinidad              | (u pH)                  |   |
|                               | Oxígeno disuelto                   | Concentración de O <sub>2</sub> en el agua | (mg/L)                  |   |
|                               | Conductividad eléctrica específica | Concentración de iones en el agua          | (µS/cm)                 |   |
|                               | Salinidad                          | Concentración de NaCl                      | (PPT)                   |   |

## 1.6 Hipótesis de la investigación

### **Hipótesis general:**

Existe una relación de dependencia entre la diversidad fitoplanctónica encontrada en la zona de estudio y uno o más parámetros fisicoquímicos que regulan el comportamiento del ecosistema.

### **Hipótesis específicas:**

- La época de avenida implica el aumento de caudal, turbidez y turbulencia en el río, por lo tanto es posible que haya una reducción en la diversidad de fitoplancton.
- La época de estiaje implica reducción del caudal y la turbulencia en el río, por lo tanto es posible que haya un aumento en la diversidad de fitoplancton
- Los parámetros físicos del agua del río Osmore cumplen con los ECA.
- Los parámetros químicos del agua del río Osmore cumplen con los ECA.

### **Hipótesis estadísticas: Hipótesis nula e hipótesis alternativa**

#### **Caudal**

H<sub>0</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de caudal en época de estiaje es 300 L/s.

H<sub>a</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de caudal en época de estiaje no es 300 L/s.

$$H_0: \mu = 300 \text{ L/s}$$

$$H_a: \mu \neq 300 \text{ L/s}$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Nivel de confianza = 95 %

### **Turbidez**

H<sub>0</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de turbidez en época de estiaje es 5 NTU.

H<sub>a</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de turbidez en época de estiaje no es 5 NTU.

$$H_0: \mu = 5 \text{ NTU}$$

$$H_a: \mu \neq 5 \text{ NTU}$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Nivel de confianza = 95 %

### **Temperatura**

H<sub>0</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de temperatura en época de estiaje es 24 °C.

H<sub>a</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de temperatura en época de estiaje no es 24 °C.

$$H_0: \mu = 24 \text{ °C}$$

$$H_a: \mu \neq 24 \text{ °C}$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Nivel de confianza = 95 %

### **Conductividad eléctrica**

H<sub>0</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro químico de conductividad eléctrica en época de estiaje es 1700  $\mu\text{S/cm}$ .

H<sub>a</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro químico de conductividad eléctrica en época de estiaje no es 1700  $\mu\text{S/cm}$ .

$$H_0: \mu = 1700 \mu\text{S/cm}$$

$$H_a: \mu \neq 1700 \mu\text{S/cm}$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Nivel de confianza = 95 %

### **Salinidad**

H<sub>0</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro químico de salinidad en época de estiaje es 0,9 PPT.

H<sub>a</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro químico de salinidad en época de estiaje no es 0,9 PPT.

$$H_0: \mu = 0,9 \text{ PPT}$$

$$H_a: \mu \neq 0,9 \text{ PPT}$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Nivel de confianza = 95 %

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

Tumialán (2017) evaluó la comunidad fitoplanctónica mediante el reconocimiento taxonómico, contraste cuantitativo, cualitativo y su relación con la calidad fisicoquímica del agua durante la época de invierno y primavera, concluyendo que la mayor abundancia de fitoplancton se presentó en los meses de octubre, noviembre y diciembre, los cuales, pertenecen a la estación primaveral.

Hernández, Henríquez y Garay (2016) señalaron que en el estudio realizado en la sub cuenca del lago Yojoa la mayor diversidad de fitoplancton se presentó en el mes de julio (época de estiaje) y la menor cantidad en la época de lluvia y al final de esta época. Finalmente señalan que la temporada del fitoplancton y las condiciones climáticas son las causas principales de las diferencias en la diversidad y abundancia en este estudio y que los parámetros fisicoquímicos cambian en época de lluvia siendo la causa dominante del empobrecimiento del fitoplancton.

Bernal (2013) determinó que los parámetros de calidad de agua, pH, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, salinidad y turbidez, son similares durante toda la época de estiaje, lo mismo sucede en la época de avenida, existe una marcada diferencia durante los meses de enero y febrero por el incremento del caudal, el cual disminuye en marzo. Por lo tanto se podría utilizar una sola estación de monitoreo para otros estudios.

Bernal (2013) indica que se basó en setentaicuatro mediciones de caudal durante un año utilizando dos estaciones de muestreo determinando que el ancho del río Osmore varía desde 3 m a 6 m en época de estiaje y hasta 20 m a 50 m en época de avenida. Finalmente señala que para determinar el caudal del río Osmore utilizó el método del flotador y para la determinación del caudal ecológico utilizó el método ecuatoriano y escoces, obteniendo un promedio de  $0,110 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Marciales, Díaz, Cruz y Medina (2012) determinaron la composición cuantitativa de agrupaciones fitoplanctónicas y zooplanctónicas en cuatro lagunas de rebalse, situadas en la meseta fluvial del río Metica (Puerto López, Meta), en las épocas de avenida (junio – septiembre) y estiaje (noviembre – diciembre). En las cuatro lagunas estudiadas se reconocieron desigualdades en las particularidades físicas y químicas del agua, las cuales se vinculan con el flujo del lecho principal del río Metica y con los flujos de los afluentes resultantes de la sabana. El río Metica es el principal contribuyente de las lagunas Virginia y Navajas, en cambio la laguna La Campana mostró un estado limnológico más duradero a lo largo de la investigación, las cuales, justificaron su separación. La laguna Nare mostró el pH y conductividad eléctrica más bajos, lo que se demuestra por las considerables

asistencias de agua de la altillanura. En la comunidad fitoplanctónica se establecieron cuarentaicinco taxones repartidos en siete grupos algales principales, con mayor representatividad de las especies *Euglenophyceae* y *Zygnematophyceae*. La comunidad zooplanctónica estuvo representada por veintisiete especies. La laguna Virginia exhibió la mayor diversidad en ambos casos. La riqueza específica de las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas fue mayor en la época de estiaje con respecto a la época de avenida. Las alteraciones temporales que fueron examinadas en los parámetros físicos y químicos de las lagunas y las variaciones en la diversidad planctónica estuvieron enlazados con las oscilaciones hidrológicas.

Franco (1999) en el estudio sobre el río alto andino Kaño, indica que el fitoplancton puede estructurarse en cuatro grandes grupos, *Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Bacilloriophyta* y *Chlorophyta*, siendo las diatomeas quienes tienen la dominancia sobre el resto de organismos fotosintéticos. Las *Cyanophytas* se presentan como epífitas y planctónicas, siendo las especies más comunes las que corresponden al género *Oscillatoria*. La alta densidad de las *Bacilloriophytas* puede relacionarse con el tipo de agua del río Kaño, el cual, es considerado como de aguas ligeramente duras. También pueden encontrarse especies indicadoras de aguas alcalinas como *Cocconeis placentula*. Las *Chlorophytas* conforman el segundo grupo más diverso, por la abundancia de *Desmidiaceas planctónicas* en el medio acuático. Finalmente, concluye que el agua del río Kaño se puede utilizar en la crianza de ciertas variedades de peces que se adapten a medios acuáticos altos andinos.

Según Chow (1999) en la composición y distribución espacial del fitoplancton, llevadas a cabo en ocho tributarios del Río San Juan en septiembre de 1993, mayo de 1994 y mayo de 1997, se identificó un total de sesentaicinco géneros y cincuentaicuatro especies pertenecientes a los grupos: *Chlorophyta* (28), *Bacillariophyta* (21), *Cyanophyta* (9), *Euglenophyta* (3), *Dinophyta* (2) y *Cryptophyta* (2).

Chow (1999) determinó que los indicadores de biomasa y densidad fitoplanctónica aguas arriba de los ríos tributarios son menores que en sus respectivas desembocaduras, las diatomeas estuvieron presentes en todos los puntos aguas arriba, exceptuando el estudio de los ríos Bartola y Sábalo en mayo de 1994. Las variaciones en la distribución y cantidad de biomasa, densidad poblacional y riqueza de especies de las comunidades fitoplanctónicas en los diferentes tributarios del Río San Juan son heterogéneas, Chow propuso como explicación a estas variaciones el efecto regulador de los cambios en el flujo y la velocidad de las corrientes.

## **2.2. Bases teóricas**

Tumialan (2017) estudió la laguna Pumacocha, a través de la identificación taxonómica, el análisis cuantitativo, cualitativo y su dependencia con los parámetros de calidad del agua durante las estaciones de invierno y primavera. No registro variaciones significativas en los valores de los parámetros fisicoquímicos, sin embargo si encontró variaciones estacionales en las comunidades fitoplanctónicas, las cuales atribuyo a influencias climatológicas.

Hernández, Henríquez y Garay (2016) durante el desarrollo de su investigación en la sub cuenca del lago Yojoa encontró desviaciones estadísticamente significativas en los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua, las cuales exponen las variaciones estacionales registradas en la abundancia y diversidad fitoplanctónica registrada en el lago. Encontró además que estas variaciones estacionales tenían valores antagónicos en las estaciones de estiaje y avenida, encontrándose los valores más elevados en la época de estiaje.

Bernal (2013) durante el desarrollo de su investigación en el río Osmore pudo encontrar especies como el pejerrey, la lisa y el camarón, aunque las cantidades de estas especies han ido disminuyendo paulatinamente con el transcurso de los años debido al aumento de fuentes de polución del río, cabe mencionar en este apartado las descargas de agua residual de la planta de tratamiento de aguas de la ciudad de Moquegua y las descargas de basura y escombros depositadas en volúmenes apreciables a medida que nos acercamos a su desembocadura.

Estos vertimientos y depósitos tienen el potencial de alterar los valores normales de los parámetros fisicoquímicos en el agua natural.

Por ejemplo, el pH, que es una medida de la acidez o basicidad del agua del río, puede incrementarse por la disposición de materiales sólidos de desecho con altas concentraciones de carbonatos presentes o podría reducirse por la acción de efluentes ácidos provenientes de descargas industriales clandestinas a lo largo de su cauce. El pH tiene una marcada influencia sobre los procesos metabólicos y fisiológicos, no solo del fitoplancton sino de la mayoría de organismos biológicos.

Debido a sus bajos caudales en épocas de estiaje alrededor de 800 L/s, aún pequeños volúmenes de elevadas concentraciones ácidas podrían degradar su frágil ecosistema.

Así mismo, estas descargas industriales pueden aumentar la conductividad eléctrica del agua del río, cantidad de iones o sales disueltas, ocasionando un esfuerzo adicional de las células fitoplanctónicas para la obtención de nutrientes al tener que vencer una presión osmótica mayor.

Por otro lado el exceso de nutrientes en las aguas del río, ocasionado por las descargas de aguas residuales domésticas, podrían incrementar la cantidad de micro y macro algas en el río, incrementando el consumo de oxígeno disuelto, interrumpiendo el paso de luz al incrementar la turbidez, bloqueando la fotosíntesis en capas inferiores y ocasionando la desaparición de especies sensibles. Finalmente el incremento de la turbidez, síntoma de aguas de baja calidad, debido a partículas sólidas en suspensión puede ocasionar disminución de las especies fitoplanctónicas por roce y abrasión de las células debido a la turbulencia del flujo que se incrementa sobre manera en las épocas de avenida (Bernal, 2013).

Abosedo y Ikegwu (2012) estudiaron las comunidades fitoplanctónicas y los parámetros fisicoquímicos, en la laguna Lekki en Nigeria, reportando cambios estacionales estrechamente relacionados con los niveles de precipitación. Atribuyeron los cambios estacionales en la concentración de fitoplancton a la influencia de las propiedades físicas y químicas del agua que, a su vez, pueden ser dependientes de la precipitación. Las diferencias en las abundancias de la mayoría

de las especies de fitoplancton durante los dos ciclos estacionales podrían atribuirse a variaciones significativas en las variables fisicoquímicas y los niveles de nutrientes en estos períodos (Abosedo y Ikegwu, 2012).

Lannacone, Alvariño, Jiménez y Argota (2003) señalan que el principal indicador para estimar la calidad del agua es el fitoplancton, debido al bajo costo que representa para el investigador y a la facilidad de implementación y comparación de estos estudios, en contraste con los costosos análisis químicos. Así mismo indican, que los indicadores biológicos (fitoplancton) pueden proporcionar información de situaciones pasadas, mostrando factores ausentes durante la toma de muestras (Lannacone, Alvariño, Jiménez y Argota, 2003).

Baker y Kromerbaker (1979) determinaron que el caudal es el principal factor para estimar la abundancia de fitoplancton en el río Mississippi, a pesar que en el río Mississippi existen marcadas variaciones estacionales de temperatura que influyen sobre la sucesión de las comunidades fitoplanctónicas (Baker y Kromerbaker, 1979).

Vásquez y Sánchez (1975) indican que el principal elemento que diferencia a los sistemas pluviales de anegamiento de otros sistemas acuáticos es la alternancia de épocas de avenidas y estiajes (Vásquez y Sánchez, 1975).

Prowse y Talling (1958) analizaron la relación entre las fluctuaciones en el fitoplancton y la velocidad de corriente del río Nilo en el embalse Gebel Aulia.. Determinaron que una disminución en el flujo producía un rápido aumento en la

concentración de fitoplancton, de la misma forma, si el flujo era más rápido disminuía la concentración y el crecimiento de fitoplancton (Prowse y Talling, 1958).

### **2.3. Marco Conceptual**

**Ambiente acuático.-** Ambientes localizados en cuerpos de agua. Por ejemplo: ríos, arroyos, lagos, lagunas, esteros, canales (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015).

**Agente.-** Cualquier entidad biológica, química o física que puede producir un efecto adverso (MINAM, 2015).

**Cadena de custodia.-** Procedimiento documentado de la obtención de realización de pruebas de análisis fisicoquímicos, realizados por el personal responsable (MINAM, 2015).

**Comunidad.-** Grupo de poblaciones de diferentes especies que interactúan entre sí y que habitan en una misma área (MINAM, 2015).

**Comunidad biótica.-** Una mezcla natural de fauna y flora que conviven en el mismo ecosistema; se sostienen mutuamente y son interdependientes Environmental Protection Agency [EPA], 2016).

**Concentración.-** La cantidad relativa de una sustancia mezclada con otra sustancia. Por ejemplo: 5 ppm de monóxido de carbono en aire o 1 mg/l de hierro en agua (EPA, 2016).

**Conductancia específica.** - Método rápido de estimar el contenido sólido disuelto en un suministro de agua al probar su capacidad para conducir una corriente eléctrica (EPA, 2016).

**Ecosistema.-** Acción que realiza la materia viva y no viva, relacionándose activamente (MINAM, 2015).

**Época de creciente.-** Lapso anual con adición de agua por la lluvia, fundamentalmente en el verano. (Samanez, Rimarachin, Palma, Arana, Ortega, y Correa, 2014).

**Época de vaciante.-** Intervalo del año que se diferencia por la deficiencia de agua, básicamente en el invierno. (Samanez et al., 2014).

**Especie.-** Asociación de seres similares que se desarrollan en un mismo lugar (Samanez et al., 2014).

**Fitoplancton.-** Microorganismos presentes en la superficie del agua (Samanez et al., 2014).

**Flujo.-** Un movimiento o corriente (EPA, 2016).

**Oxígeno disuelto.-** Es el oxígeno presente en el agua, vital para los seres acuáticos. Es el que anuncia la vida en los cuerpos de agua (EPA, 2016).

**pH.-** Señal de basicidad y acidez del agua; este compuesto presenta un pH entre 6.5 y 8.5 en aguas naturales (EPA, 2016).

**Salinidad.-** El porcentaje de sal en el agua (EPA, 2016).

**Turbiedad.-** Estado oscuro del líquido, por aparición de materia dispersa (EPA, 2016).

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, basada en un modelo descriptivo correlacional.

#### **3.2. Diseño de la investigación**

La presente investigación se enmarca dentro de la investigación no experimental transversal. Esta se desarrolla en tres etapas de manera secuencial: Monitoreo, análisis de muestras en laboratorio acreditado y análisis de datos. Con los resultados obtenidos se analizaron los componentes que presenten una mayor influencia sobre el desarrollo y presencia / ausencia de las especies fitoplanctónicas utilizando el software SPSS versión 25 análisis de componentes principales.

#### **3.3. Población y muestra**

##### **Población**

Estuvo conformada por 300 días de monitoreo de parámetros físicoquímicos

del agua del río Osmore, los cuales representan 10 meses de evaluación, época de avenida y de estiaje.

### **Tamaño muestral**

Para calcular se utilizó el siguiente estadístico aleatorio simple:

$$n_0 = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{(n_0 - 1)}{N}}$$

Donde:

- n** : Tamaño de la muestra (135 días de monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua de río).
- Z<sub>α</sub>** : Estadístico de la distribución normal estandarizada a un nivel del 95 % de confianza (1,96).
- N** : Tamaño de la población (300 días de monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua de río, de enero a octubre del 2017).
- e** : Error muestral (0,05 ó 5 %).
- p** : Proporción de la población que poseen la característica de estudio (0,8).  
Los días de enero y febrero no se encontraron densidades de fitoplancton significativamente apreciables.

**q** : Proporción de la población que no poseen la característica de estudio  
(1-p).

De donde se obtuvo:

$$n_0 = \frac{1,96^2 \times 0,8 \times 0,2}{0,05^2} = 246 \text{ días de monitoreo}$$

Al conocer el tamaño de la población se realizó el ajuste del tamaño de la muestra:

$$n = \frac{246}{1 + \frac{246 - 1}{300}} = 135 \text{ días de monitoreo}$$

Una vez obtenido el tamaño de muestra mínima necesaria con un nivel de confianza del 95% se procedió a realizar los muestreos. Se tomaron en total ciento setenta muestras por duplicado, se midieron directamente en el sitio de muestreo pH, temperatura, conductividad eléctrica, salinidad, turbidez, caudal y oxígeno disuelto.

### **Zona de estudio**

La zona de estudio se encuentra ubicada en la desembocadura del río Osmore en la provincia de Ilo. La estación de muestreo se ubica en la siguiente coordenada UTM WGS 84 en la zona 19, lado este 251810, lado norte 8049995 con una altitud de 13 m s.n.m.

El clima de la desembocadura del río es desértico. La precipitación promedio

es escasa (5 mm/año) y la temperatura media anual es de 19 °C. La desembocadura del río Osmore se encuentra perfilada por una escasa vegetación en ambas márgenes del río en la que predominan cultivos agrícolas como el olivo.

El agua del río Osmore es captada para potabilización y uso en la provincia de Ilo, en adición a esto la playa Montecarlo, que sirve de albergue y zona de descanso para diversas aves migratorias y endémicas, se ubica en la margen izquierda de la desembocadura del río y posee además importancia paisajística. En la zona de estudio se puede observar constantemente lavaderos improvisados de carros y cisternas captando clandestinamente el agua para otros fines. Manchas de grasas e hidrocarburos de petróleo son observables a simple vista, residuos sólidos se acumulan periódicamente en ambas márgenes del río. Todo lo mencionado contribuye al deterioro de la calidad del agua y por ende podría afectar a las poblaciones y comunidades fitoplanctónicas.

El total de estaciones para el muestreo de fitoplancton se determinó siguiendo la metodología para el establecimiento del estado ecológico de acuerdo a la directiva marco del agua de la Confederación Hidrográfica del Ebro - 2007, así como también, los métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas señaladas por el Ministerio del Ambiente del Perú – 2014, teniendo como antecedente el estudio de investigación (Bernal, 2013).

Se tomaron 8 muestras en total, 2 muestras por mes, elegidos estos al azar, 2 a fines de enero (época de avenida) y las 6 restantes de abril a octubre (época de estiaje). Al término de los muestreos, las muestras se enviaron al laboratorio

acreditado CERPER, para la identificación y cuantificación del fitoplancton.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

- Técnicas de muestreo para identificación de grupos de fitoplancton: Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas (Samanez et al., 2014).
- Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la confederación hidrográfica del Ebro (Vicente et al., 2007).

### **3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

La recolección de información (turbidez, temperatura, caudal, oxígeno disuelto, conductividad específica, salinidad y pH), se ejecutó in situ, utilizando para ello equipos calibrados y certificados por laboratorios acreditados por INACAL y/o con la norma ISO / IEC 17025.

#### **Equipos:**

- Multiparámetro YSI Professional Plus. Certificado de calibración, INACAL.

- Turbidímetro Hach 2100Q. Con certificado de calibración de INACAL.
- GPS Garmin Oregon 550.
- Cordel (50m).
- Tres botellas de plástico vacías de 750 mL (Flotador).
- Regla de aluminio de 1,5 m.
- Cinta métrica de 30 m.
- Cinta métrica de 5 m.
- Cronómetro.

**Software:**

- Sistema de información geográfica - Arcgis 10,3.
- Análisis estadístico – Software Statistics SPSS 25 y Minitab 17.
- Microsoft Excel 2010.

**Análisis subcontratados:**

Los análisis subcontratados (identificación y cuantificación de fitoplancton), se despacharon adecuadamente acompañados por una cadena de custodia, la cual fue sellada por el laboratorio, dando conformidad al ingreso de las muestras tomadas en campo.

### **Manejo estadístico:**

Se realizó el análisis de componentes principales con el software estadístico SPSS versión 25, para aclarar que variable física o química tiene mayor influencia sobre la diversidad de fitoplancton, así mismo se utilizó el estadístico de prueba Z, para la determinación de las diferencias debidas a la estacionalidad en el fitoplancton, con relación a los parámetros físicos y químicos del agua tanto en la época de avenida como en la época de estiaje, con los resultados de diversidad de fitoplancton entregados por el laboratorio.

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1. Identificación taxonómica del fitoplancton:

**Tabla 3**

*Identificación taxonómica*

| Diatomeas           |                  |                   |                              |
|---------------------|------------------|-------------------|------------------------------|
| Clase               | Orden            | Familia           | Género y/o especie           |
| Bacillariophyceae   | Bacillariales    | Bacillariaceae    | Nitzschia<br>scalpelliformis |
| Bacillariophyceae   | Bacillariales    | Bacillariaceae    | Nitzschia spp.               |
| Bacillariophyceae   | Cymbellales      | Gomphonemataceae  | Encyonema sp.                |
| Bacillariophyceae   | Cymbellales      | Gomphonemataceae  | Gomphoneis sp.               |
| Bacillariophyceae   | Cymbellales      | Gomphonemataceae  | Gomphonema sp.               |
| Bacillariophyceae   | Licmophorales    | Ulnariaceae       | Ulnaria sp.                  |
| Bacillariophyceae   | Licmophorales    | Ulnariaceae       | Ulnaria ulna                 |
| Bacillariophyceae   | Naviculales      | Naviculaceae      | Navicula sp.                 |
| Bacillariophyceae   | Naviculales      | Pinnulariaceae    | Pinnularia sp.               |
| Coccinodiscophyceae | Melosirales      | Melosiraceae      | Melosira varians             |
| Mediophyceae        | Stephanodiscales | Stephanodiscaceae | Cyclotella sp.               |

La tabla 3 muestra la taxonomía de diatomeas, las cuales pertenecen al phylum bacillariophyta, encontradas en el mes de abril del año 2017.

**Tabla 4***Identificación taxonómica*

| <b>Algas verdes</b> |                |                 |                           |
|---------------------|----------------|-----------------|---------------------------|
| <b>Clase</b>        | <b>Orden</b>   | <b>Familia</b>  | <b>Género y/o especie</b> |
| Conjugatophyceae    | Desmidiiales   | Desmidiaceae    | Cosmarium botrytis        |
| Chlorophyceae       | Chaetophorales | Chaetophoraceae | Stigeoclonium sp.         |
| Chlorophyceae       | Chlorococcales |                 |                           |
| Chlorophyceae       | Oedogoniales   | Oedogoniaceae   | Oedogonium sp.            |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales | Scenedesmaceae  | Acutodesmus sp.           |
| Ulvophyceae         | Ulotrichales   | Ulotrichaceae   | Ulothrix sp.              |

La tabla 4 muestra la taxonomía de algas verdes, la clase conjugatophyceae pertenece al phylum charophyta, las demás al phylum chlorophyta, encontradas en el mes de abril del año 2017.

**Tabla 5***Identificación taxonómica*

| <b>Cianobacterias</b> |                 |                   |                           |
|-----------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|
| <b>Clase</b>          | <b>Orden</b>    | <b>Familia</b>    | <b>Género y/o especie</b> |
| Cyanophyceae          | Chroococcales   | Chroococcaceae    | Chroococcus sp.           |
| Cyanophyceae          | Oscillatoriales | Oscillatoriaceae  | Phormidium sp.            |
| Cyanophyceae          | Synechococcales | Leptolyngbyaceae  | Leptolyngbya sp.          |
| Cyanophyceae          | Synechococcales | Pseudanabaenaceae | Pseudanabaena sp.         |

La tabla 5 muestra la taxonomía de cianobacterias, las cuales pertenecen al phylum cyanobacteria, encontradas en el mes de abril del año 2017.

**Tabla 6*****Identificación taxonómica***

| <b>Diatomeas</b>    |                   |                  |                           |
|---------------------|-------------------|------------------|---------------------------|
| <b>Clase</b>        | <b>Orden</b>      | <b>Familia</b>   | <b>Género y/o especie</b> |
| Bacillariophyceae   | Bacillariales     | Bacillariaceae   | Nitzschia reversa         |
| Bacillariophyceae   | Bacillariales     | Bacillariaceae   | Nitzschia sigma           |
| Bacillariophyceae   | Bacillariales     | Bacillariaceae   | Nitzschia sp.             |
| Bacillariophyceae   | Cocconeidales     | Cocconeidaceae   | Cocconeis<br>placentula   |
| Bacillariophyceae   | Cymbellales       | Cymbellaceae     | Cymbella sp.              |
| Bacillariophyceae   | Cymbellales       | Gomphonemataceae | Encyonema sp.             |
| Bacillariophyceae   | Cymbellales       | Gomphonemataceae | Gomphonema<br>parvulum    |
| Bacillariophyceae   | Cymbellales       | Gomphonemataceae | Gomphonema sp.            |
| Bacillariophyceae   | Licmophorales     | Ulnariaceae      | Ulnaria sp.               |
| Bacillariophyceae   | Licmophorales     | Ulnariaceae      | Ulnaria ulna              |
| Bacillariophyceae   | Naviculales       | Naviculaceae     | Navicula sp.              |
| Bacillariophyceae   | Naviculales       | Pleurosigmaaceae | Pleurosigma sp            |
| Bacillariophyceae   | Rhopalodiales     | Rhopalodiales    | Rhopalodia gibba          |
| Bacillariophyceae   | Surirellales      | Entomoneidaceae  | Entomoneis sp.            |
| Bacillariophyceae   | Surirellales      | Surirellaceae    | Surirella sp.             |
| Bacillariophyceae   | Thalassiophysales | Catenulaceae     | Amphora sp.               |
| Coscinodiscophyceae | Melosirales       | Melosiraceae     | Melosira sp.              |
| Mediophyceae        | Eupodiscales      | Eupodiscaceae    | Pleurosira sp.            |

La tabla 6 muestra la taxonomía de diatomeas, las cuales pertenecen al phylum bacillariophyta, encontradas en el mes de junio del año 2017.

**Tabla 7*****Identificación taxonómica***

| <b>Algas verdes</b> |                |                 |                           |
|---------------------|----------------|-----------------|---------------------------|
| <b>Clase</b>        | <b>Orden</b>   | <b>Familia</b>  | <b>Género y/o especie</b> |
| Conjugatophyceae    | Desmidiales    | Closteriaceae   | Closterium lunula         |
| Conjugatophyceae    | Desmidiales    | Closteriaceae   | Closterium sp.            |
| Conjugatophyceae    | Desmidiales    | Desmidiaceae    | Cosmarium botrytis        |
| Chlorophyceae       | Oedogoniales   | Oedogoniaceae   | Oedogonium sp.            |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales | Hydrodictyaceae | Pediastrum boryanum       |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales | Scenedesmaceae  | Acutodesmus sp.           |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales | Scenedesmaceae  | Comasiella sp.            |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales | Scenedesmaceae  | Desmodesmus sp.           |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales | Scenedesmaceae  | Scenedesmus sp.           |
| Ulvophyceae         | Cladophorales  | Cladophoraceae  | Cladophora sp.            |
| Ulvophyceae         | Ulotrichales   | Ulotrichaceae   | Ulothrix sp.              |

La tabla 7 muestra la taxonomía de algas verdes, la clase conjugatophyceae pertenece al phylum charophyta y las demás al phylum chlorophyta, encontradas en el mes de junio del año 2017.

**Tabla 8*****Identificación taxonómica***

| <b>Cianobacterias</b> |                 |                   |                           |
|-----------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|
| <b>Clase</b>          | <b>Orden</b>    | <b>Familia</b>    | <b>Género y/o especie</b> |
| Cyanophyceae          | Chroococcales   | Chroococcaceae    | Chroococcus sp.           |
| Cyanophyceae          | Synechococcales | Merismopediaceae  | Merismopedia sp.          |
| Cyanophyceae          | Synechococcales | Pseudanabaenaceae | Pseudanabaena sp.         |

La tabla 8 muestra la taxonomía de cianobacterias, las cuales pertenecen al phylum cyanobacteria, encontradas en el mes de junio del año 2017.

**Tabla 9***Identificación taxonómica*

| <b>Fitoflagelados</b> |              |                |                           |
|-----------------------|--------------|----------------|---------------------------|
| <b>Clase</b>          | <b>Orden</b> | <b>Familia</b> | <b>Género y/o especie</b> |
| Euglenophyceae        | Euglenales   | Euglenaceae    | Euglena sp.               |

La tabla 9 muestra la taxonomía de fitoflagelados, los cuales pertenecen al phylum euglenophyta al phylum encontradas en el mes de junio del año 2017.

**Tabla 10***Identificación taxonómica*

| <b>Diatomeas</b>  |                   |                   |                           |
|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|
| <b>Clase</b>      | <b>Orden</b>      | <b>Familia</b>    | <b>Género y/o especie</b> |
| Bacillariophyceae | Bacillariales     | Bacillariaceae    | Nitzschia reversa         |
| Bacillariophyceae | Bacillariales     | Bacillariaceae    | Nitzschia sp.             |
| Bacillariophyceae | Cocconeidales     | Cocconeidaceae    | Cocconeis placentula      |
| Bacillariophyceae | Cymbellales       | Cymbellaceae      | Cymbella sp.              |
| Bacillariophyceae | Cymbellales       | Gomphonemataceae  | Encyonema sp.             |
| Bacillariophyceae | Cymbellales       | Gomphonemataceae  | Gomphonema sp.            |
| Bacillariophyceae | Licmophorales     | Ulnariaceae       | Ulnaria sp.               |
| Bacillariophyceae | Licmophorales     | Ulnariaceae       | Ulnaria ulna              |
| Bacillariophyceae | Mastogloiales     | Achnanthaceae     | Achnanthes sp.            |
| Bacillariophyceae | Naviculales       | Naviculaceae      | Gyrosigma sp.             |
| Bacillariophyceae | Naviculales       | Naviculaceae      | Navicula sp.              |
| Bacillariophyceae | Naviculales       | Pinnulariaceae    | Pinnularia sp.            |
| Bacillariophyceae | Rhopalodiales     | Rhopalodiaceae    | Epithemia sorex           |
| Bacillariophyceae | Rhopalodiales     | Rhopalodiaceae    | Rhopalodia gibba          |
| Bacillariophyceae | Rhopalodiales     | Rhopalodiaceae    | Rhopalodia sp.            |
| Bacillariophyceae | Surirellales      | Surirellaceae     | Surirella sp.             |
| Bacillariophyceae | Thalassiophysales | Catenulaceae      | Amphora sp.               |
| Fragilariophyceae | Fragilariales     | Fragilariaceae    | Nd                        |
| Mediophyceae      | Eupodiscales      | Eupodiscaceae     | Pleurosira laevis         |
| Mediophyceae      | Stephanodiscales  | Stephanodiscaceae | Cyclotella sp.            |

La tabla 10 muestra la taxonomía de diatomeas, las cuales pertenecen al phylum bacillariophyta, encontradas en el mes de octubre del año 2017.

**Tabla 11***Identificación taxonómica*

| <b>Algas verdes</b> |                  |                  |                           |
|---------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| <b>Clase</b>        | <b>Orden</b>     | <b>Familia</b>   | <b>Género y/o especie</b> |
| Conjugatophyceae    | Desmidiales      | Closteriaceae    | Closterium lunula         |
| Conjugatophyceae    | Desmidiales      | Closteriaceae    | Closterium sp.            |
| Conjugatophyceae    | Desmidiales      | Desmidiaceae     | Cosmarium sp.             |
| Conjugatophyceae    | Zygnematales     | Zygnemataceae    | Spirogyra sp.             |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales   | Hydrodictyceae   | Pediastrum boryanum       |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales   | Hydrodictyceae   | Pediastrum sp.            |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales   | Scenedesmaceae   | Acutodesmus sp.           |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales   | Scenedesmaceae   | Desmodesmus sp.           |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales   | Scenedesmaceae   | Scenedesmus sp.           |
| Chlorophyceae       | Sphaeropleales   | Selenastraceae   | Monoraphidium sp.         |
| Trebouxiophyceae    | Trebouxiophyceae | Trebouxiophyceae | Crucigenia sp.            |
| Ulvophyceae         | Cladophorales    | Cladophoraceae   | Cladophora sp.            |
| Ulvophyceae         | Ulotrichales     | Ulotrichaceae    | Ulothrix sp.              |

La tabla 11 muestra la taxonomía de algas verdes, la clase conjugatophyceae pertenece al phylum charophyta, las demás al phylum chlorophyta, encontradas en el mes de octubre del año 2017.

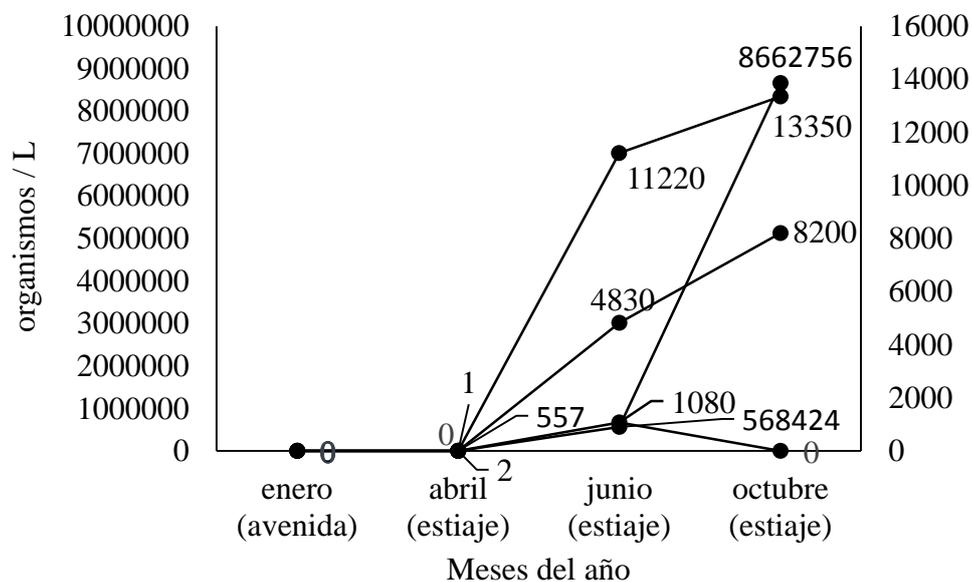
**Tabla 12***Identificación taxonómica*

| <b>Cianobacterias</b> |                 |                   |                           |
|-----------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|
| <b>Clase</b>          | <b>Orden</b>    | <b>Familia</b>    | <b>Género y/o especie</b> |
| Cyanophyceae          | Chroococcales   | Chroococcaceae    | Chroococcus sp.           |
| Cyanophyceae          | Chroococcales   | Chroococcaceae    | Chroococcus turgidus      |
| Cyanophyceae          | Nostocales      | Nostocaceae       | Anabaena sp.              |
| Cyanophyceae          | Oscillatoriales | Oscillatoriaceae  | Oscillatoria sp.          |
| Cyanophyceae          | Synechococcales | Pseudanabaenaceae | Pseudanabaena sp.         |

La tabla 12 muestra la taxonomía de cianobacterias, las cuales pertenecen al phylum cyanobacteria, encontrada en el mes de octubre del año 2017.

## 4.2 Exposición de resultados por variables

De acuerdo a los resultados de ensayo reportados por el laboratorio acreditado Certificaciones del Perú SA, se graficaron los organismos por litro encontrados en las muestras en función del periodo de muestreo, para la época de avenida y estiaje, tal como se muestra en la figura 1.



**Figura 1. Resultados del laboratorio fitoplancton.** En enero diatomeas, algas, cianobacterias y fitoflagelados (0). En abril diatomeas (557) algas (2), cianobacterias (1) y fitoflagelados (0). En junio diatomeas (568 424) algas (11 220), cianobacterias (4 830) y fitoflagelados (1 080). En octubre diatomeas (8 662 756) algas (13 350), cianobacterias (8 200) y fitoflagelados (0).

Para dilucidar que variable, física o química, tiene mayor influencia sobre la diversidad de fitoplancton, se realizó el análisis de componentes principales, utilizando para ello el software estadístico SPSS versión 25, obteniendo los siguientes resultados para las variables en estudio:

**Tabla 13**

*Estadísticos descriptivos*

| Parámetro          | Estadísticos descriptivos |                     |                    |
|--------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|
|                    | Promedio                  | Desviación estándar | Número de análisis |
| <b>Caudal</b>      | 932,3                     | 1299,3              | 340                |
| <b>Turbidez</b>    | 580,6                     | 1380,5              | 340                |
| <b>CE</b>          | 1803,2                    | 477,5               | 340                |
| <b>Sal</b>         | 0,98                      | 0,23                | 340                |
| <b>Temperatura</b> | 25,1                      | 3,8                 | 340                |

**Tabla 14**

*Matriz de correlaciones de variables físicas y químicas*

| Matriz de correlaciones    |          |        |          |        |        |        |
|----------------------------|----------|--------|----------|--------|--------|--------|
| Parámetros                 |          | Caudal | Turbidez | CE     | Sal    | °T     |
| Correlación                | Caudal   | 1,000  | 0,787    | -0,434 | -0,682 | 0,564  |
|                            | Turbidez | 0,787  | 1,000    | -0,542 | -0,738 | 0,409  |
|                            | CE       | -0,434 | -0,542   | 1,000  | 0,883  | -0,006 |
|                            | Sal      | -0,682 | -0,738   | 0,883  | 1,000  | -0,303 |
|                            | °T       | 0,564  | 0,409    | -0,006 | -0,303 | 1,000  |
| Significancia (unilateral) | Caudal   | ---    | 0,000    | 0,000  | 0,000  | 0,000  |
|                            | Turbidez | 0,000  | ---      | 0,000  | 0,000  | 0,000  |
|                            | CE       | 0,000  | 0,000    | ---    | 0,000  | 0,455  |
|                            | Sal      | 0,000  | 0,000    | 0,000  | ---    | 0,000  |
|                            | °T       | 0,000  | 0,000    | 0,455  | 0,000  | ---    |

La matriz de correlaciones nos indica que mientras más cercano se encuentre el valor a la unidad más fuerte será la dependencia entre variables.

**Tabla 15***Prueba de KMO y Bartlett*

| <b>Prueba de KMO y Bartlett</b>                                |                             |          |
|--|-----------------------------|----------|
| <b>Medida Kaiser – Meyer - Olkin de adecuación de muestreo</b> |                             | 0,676    |
| <b>Prueba de esfericidad de Bartlett</b>                       | Aproximación Chi - cuadrado | 1424,072 |
|  | Grados de libertad          | 10       |
|  | Significancia               | 0,000    |

**Tabla 16***Comunalidades*

| <b>Comunalidades</b> |                |                   |
|----------------------|----------------|-------------------|
| <b>Parámetros</b>    | <b>Inicial</b> | <b>Extracción</b> |
| <b>Caudal</b>        | 1,000          | 0,845             |
| <b>Turbidez</b>      | 1,000          | 0,796             |
| <b>CE</b>            | 1,000          | 0,926             |
| <b>Salinidad</b>     | 1,000          | 0,941             |
| <b>Temperatura</b>   | 1,000          | 0,861             |

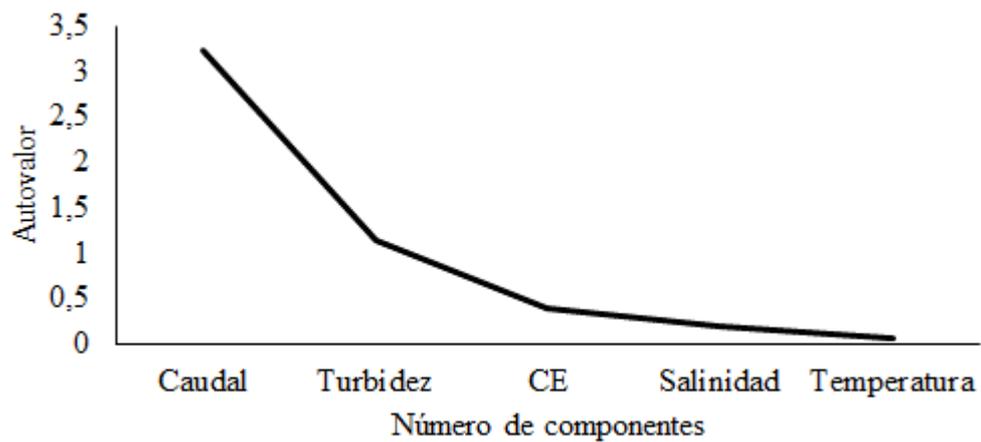
Método de extracción: análisis de componentes principales.

**Tabla 17*****Varianza total explicada***

| <b>Componente</b> | <b>Varianza total explicada</b> |                 |              |   |                 |              |   |                 |              |
|-------------------|---------------------------------|-----------------|--------------|---|-----------------|--------------|---|-----------------|--------------|
|                   | <b>Autovalores iniciales</b>    |                 |              | <b>Sumas de cargas al cuadrado de la extracción</b> |                 |              | <b>Sumas de cargas al cuadrado de la rotación</b> |                 |              |
|                   | <b>Total</b>                    | <b>% de var</b> | <b>% acu</b> | <b>Total</b>  | <b>% de var</b> | <b>% acu</b> | <b>Total</b>                                      | <b>% de var</b> | <b>% acu</b> |
|                   | <b>1</b>                        | 3,233           | 64,669       | 64,669  | 3,233           | 64,669       | 64,669  | 2,527           | 50,542       |
| <b>2</b>          | 1,136                           | 22,717          | 87,385       | 1,136   | 22,717          | 87,385       | 1,842   | 36,843          | 87,385       |
| <b>3</b>          | 0,388                           | 7,758           | 95,143       | ---   | ---             | ---          | ---   | ---             | ---          |
| <b>4</b>          | 0,189                           | 3,778           | 98,921       | ---   | ---             | ---          | ---   | ---             | ---          |
| <b>5</b>          | 0,054                           | 1,079           | 100,000      | ---   | ---             | ---          | ---   | ---             | ---          |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Las tablas 6, 7 y 8 indican el nivel de correlación obtenido entre las variables principales y la concentración y diversidad de fitoplancton (Caudal, turbidez, conductividad eléctrica, salinidad y temperatura). Así mismo detallar que var=varianza y acu= acumulado.



**Figura 2. Sedimentación de variables físicas y químicas.** Los valores indican la influencia relativa de cada variable sobre la concentración y diversidad de fitoplancton (Caudal, turbidez, conductividad eléctrica, salinidad y temperatura).

**Tabla 18**

*Matriz de componentes*

| Matriz de componentes <sup>a</sup> |             |       |
|------------------------------------|-------------|-------|
| Parámetros                         | Componentes |       |
|                                    | 1           | 2     |
| Salinidad                          | -0,926      | 0,288 |
| Turbidez                           | 0,889       | 0,076 |
| Caudal                             | 0,871       | 0,293 |
| CE                                 | -0,752      | 0,600 |
| Temperatura                        | 0,511       | 0,775 |

Método de extracción: Análisis de componentes principales. 2 componentes extraídos.

**Tabla 19***Matriz de componente rotado*

| <b>Matriz de componente rotado<sup>a</sup></b> |                   |          |
|--|-------------------|----------|
| <b>Parámetros</b>                              | <b>Componente</b> |          |
|  | <b>1</b>          | <b>2</b> |
| <b>CE</b>                                      | 0,961             | 0,052    |
| <b>Salinidad</b>                               | 0,922             | -0,303   |
| <b>Turbidez</b>                                | -0,680            | 0,577    |
| <b>Temperatura</b>                             | 0,034             | 0,928    |
| <b>Caudal</b>                                  | -0,539            | 0,744    |

Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación:

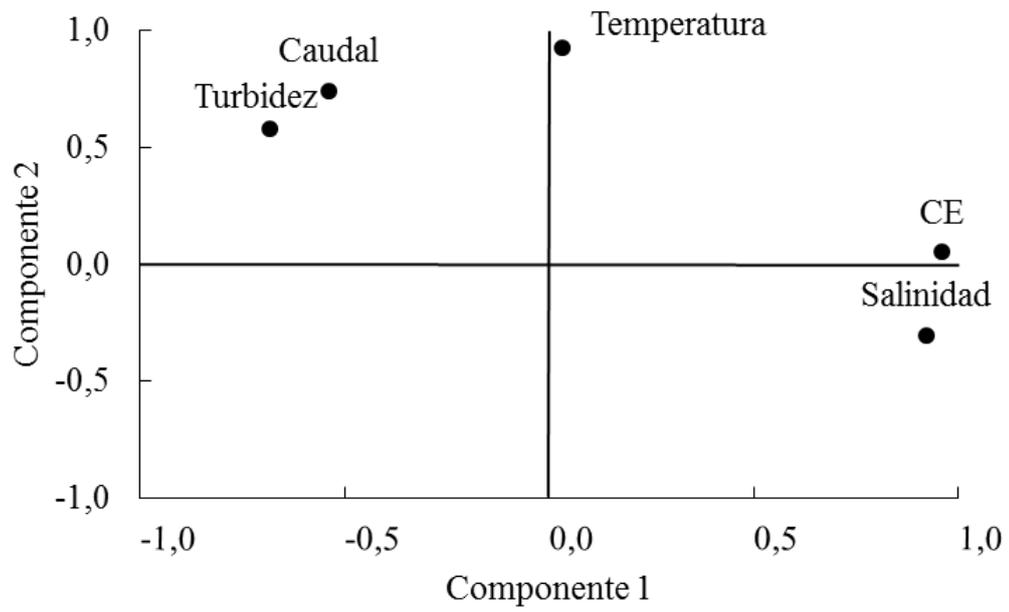
Varimax con normalización Kaiser. La rotación converge en 3 iteraciones.

**Tabla 20***Matriz de transformación de componentes*

| <b>Matriz de transformación de componentes</b> |          |          |
|--|----------|----------|
| <b>Componente</b>                              | <b>1</b> | <b>2</b> |
| <b>1</b>                                       | -0,814   | 0,580    |
| <b>2</b>                                       | 0,580    | 0,814    |

Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación:

Varimax con normalización Kaiser.



**Figura 3. Componente en espacio rotado.** La proximidad entre los valores absolutos de las variables en los cuadrantes muestra la relación de dependencia entre éstas.

**Tabla 21**

*Matriz de coeficiente de puntuación de componente*

| <b>Matriz de coeficiente de puntuación de componentes</b> |                    |          |
|---|--------------------|----------|
| <b>Parámetros</b>   | <b>Componentes</b> |          |
|   | <b>1</b>           | <b>2</b> |
| <b>Caudal</b>   | -0,070             | 0,367    |
| <b>Turbidez</b>   | -0,185             | 0,214    |
| <b>CE</b>   | 0,496              | 0,295    |
| <b>Salinidad</b>  | 0,381              | 0,040    |
| <b>Temperatura</b>  | 0,267              | 0,647    |

Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación:

Varimax con normalización Kaiser. Puntuaciones de componentes.

**Tabla 22**

*Matriz covarianzas de puntuación de componente*

| <b>Matriz de covarianzas de puntuación de componente</b> |          |          |
|--|----------|----------|
| <b>Componente</b>  | <b>1</b> | <b>2</b> |
| <b>1</b>   | 1,000    | 0,000    |
| <b>2</b>   | 0,000    | 1,000    |

Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación:

Varimax con normalización Kaiser. Puntuaciones de componentes.

### **4.3. Contrastación de hipótesis**

Para realizar la contrastación de las hipótesis se utilizó el estadístico Z, para ello se empleó el software Minitab 17, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 23**

*Estadísticos descriptivos*

| <b>Estadísticos descriptivos</b> |                 |                            |                           |
|----------------------------------|-----------------|----------------------------|---------------------------|
| <b>Parámetros</b>                | <b>Promedio</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Número de análisis</b> |
| Caudal                           | 932,3           | 1299,3                     | 340                       |
| Turbidez                         | 580,6           | 1380,5                     | 340                       |
| CE                               | 1803,2          | 477,5                      | 340                       |
| Salinidad                        | 0,98            | 0,23                       | 340                       |
| Temperatura                      | 25,1            | 3,8                        | 340                       |

**Hipótesis nula y alternativa de la variable caudal**

H<sub>0</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de caudal en época de estiaje es 300 L/s.

H<sub>a</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de caudal en época de estiaje no es 300 L/s.

$$H_0: \mu = 300 \text{ L/s}$$

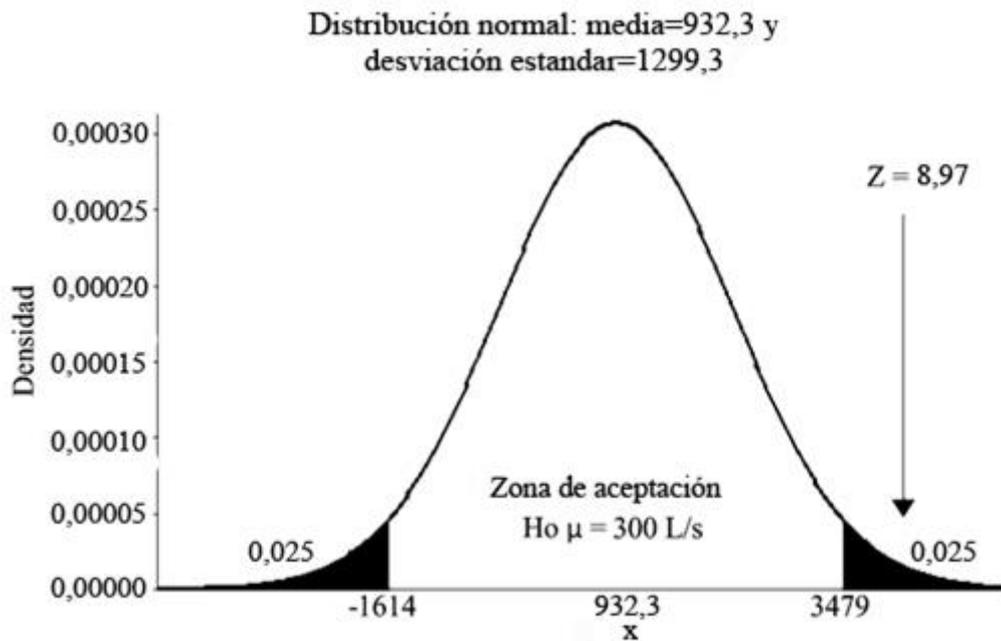
$$H_a: \mu \neq 300 \text{ L/s}$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

Nivel de confianza = 95 %

El promedio de datos y su desviación estándar determinan una población muy diferente del caudal estimado, los datos muestran una elevada variabilidad estacional y grandes dispersiones entre mediciones sucesivas.



**Figura 4. Estadístico Z de prueba de hipótesis de caudal.** El Z Score nos indica que la probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta es nula.

**Tabla 24**

**Estadístico Z de prueba de hipótesis de caudal**

| N   | Promedio | Desviación estándar | Error estándar del promedio | IC de 95 %       | Z    | P     |
|-----|----------|---------------------|-----------------------------|------------------|------|-------|
| 340 | 932,3    | 1299,3              | 70,5                        | (794,2 – 1070,4) | 8,97 | 0,000 |

**Hipótesis nula y alternativa de la variable turbidez**

H<sub>0</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de turbidez en época de estiaje es 5 NTU.

H<sub>a</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de turbidez en época de estiaje no es 5 NTU.

$H_0: \mu = 5 \text{ NTU}$

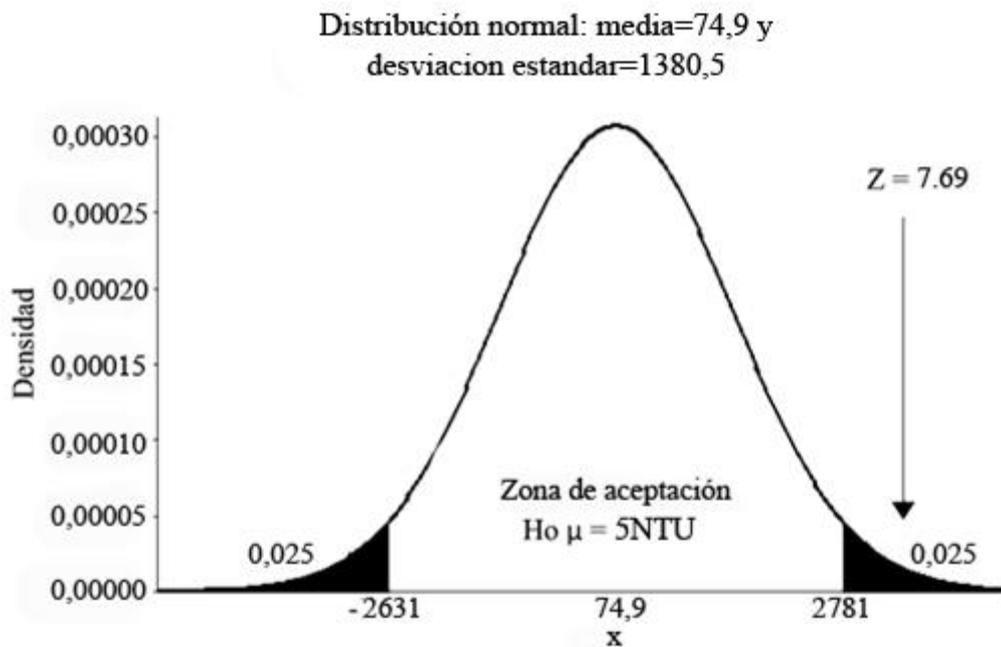
$H_a: \mu \neq 5 \text{ NTU}$

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Nivel de confianza = 95 %

El promedio de datos y su desviación estándar determinan una población muy diferente de la turbidez estimada, los datos muestran una elevada variabilidad estacional y grandes dispersiones entre mediciones y estaciones sucesivas.



**Figura 5. Estadístico Z de prueba de hipótesis de turbidez.** El Z Score nos indica que la probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta es nula.

**Tabla 25**

*Estadístico Z de prueba de hipótesis de turbidez*

| <b>N</b> | <b>Promedio</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Error estándar del promedio</b> | <b>IC de 95 %</b> | <b>Z</b> | <b>P</b> |
|----------|-----------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------|----------|----------|
| 340      | 580,6           | 1380,5                     | 74,9                               | (433,8 – 727,3)   | 7,69     | 0,000    |

**Hipótesis nula y alternativa de la variable temperatura**

H<sub>0</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de temperatura en época de estiaje es 24 °C.

H<sub>a</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro físico de temperatura en época de estiaje no es 24 °C.

$$H_0: \mu = 24 \text{ °C}$$

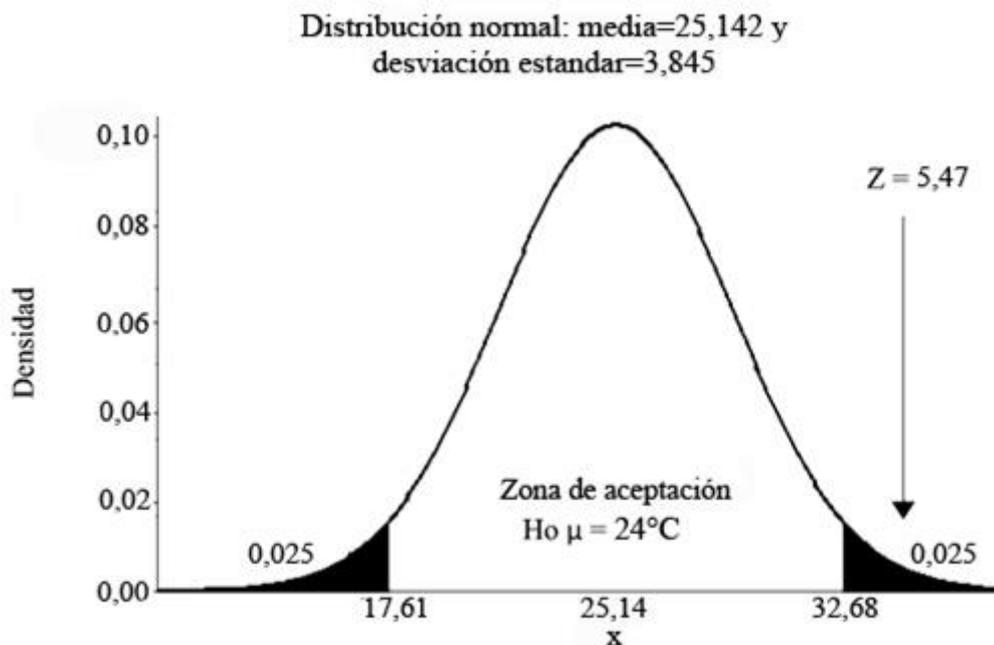
$$H_a: \mu \neq 24 \text{ °C}$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Nivel de confianza = 95 %

El promedio de datos y su desviación estándar determinan una población que incluye al valor de temperatura estimado, los datos muestran una limitada variabilidad estacional variando un máximo de alrededor de 10 °C a ambos lados del promedio.



**Figura 6. Estadístico Z de prueba de hipótesis de temperatura.** El Z Score nos indica que la probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta es nula.

**Tabla 26**

*Estadístico Z de prueba de hipótesis de temperatura*

| N   | Promedio | Desviación estándar | Error estándar del promedio | IC de 95 %      | Z    | P     |
|-----|----------|---------------------|-----------------------------|-----------------|------|-------|
| 340 | 25,142   | 3,845               | 0,209                       | (24,73 – 25,55) | 5,47 | 0,000 |

**Hipótesis nula y alternativa de la variable ce (conductividad eléctrica)**

$H_0$ : El  $\bar{X}$  del parámetro químico de conductividad eléctrica en época de estiaje es 1700  $\mu\text{S/cm}$ .

$H_a$ : El  $\bar{X}$  del parámetro químico de conductividad eléctrica en época de estiaje no es 1700  $\mu\text{S/cm}$ .

$H_0: \mu = 1700 \mu\text{S/cm}$

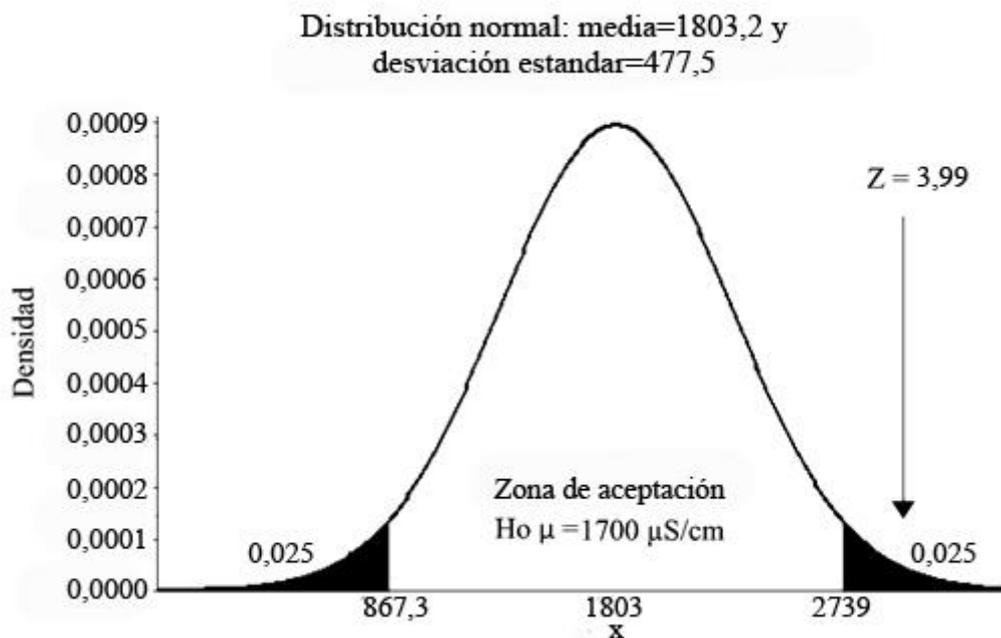
$H_a: \mu \neq 1700 \mu\text{S/cm}$

Nivel de significancia

$\alpha = 0,05$

Nivel de confianza = 95 %

El promedio de datos y su desviación estándar determinan una población que incluye al valor de CE estimado, los datos muestran una elevada variabilidad estacional.



**Figura 7. Estadístico Z de prueba de hipótesis de conductividad eléctrica. El Z**

Score nos indica que la probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta es nula.

**Tabla 27**

*Estadístico Z de prueba de hipótesis de conductividad eléctrica*

| <b>N</b> | <b>Promedio</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Error estándar del promedio</b> | <b>IC de 95 %</b> | <b>Z</b> | <b>P</b> |
|----------|-----------------|----------------------------|------------------------------------|-------------------|----------|----------|
| 340      | 1803,2          | 477,5                      | 25,9                               | (1752,5 – 1854,0) | 3,99     | 0,000    |

**Hipótesis nula y alternativa de la variable sal (salinidad)**

H<sub>0</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro químico de salinidad en época de estiaje es 0,9 PPT.

H<sub>a</sub>: El  $\bar{X}$  del parámetro químico de salinidad en época de estiaje no es 0,9 PPT.

$$H_0: \mu = 0,9 \text{ PPT}$$

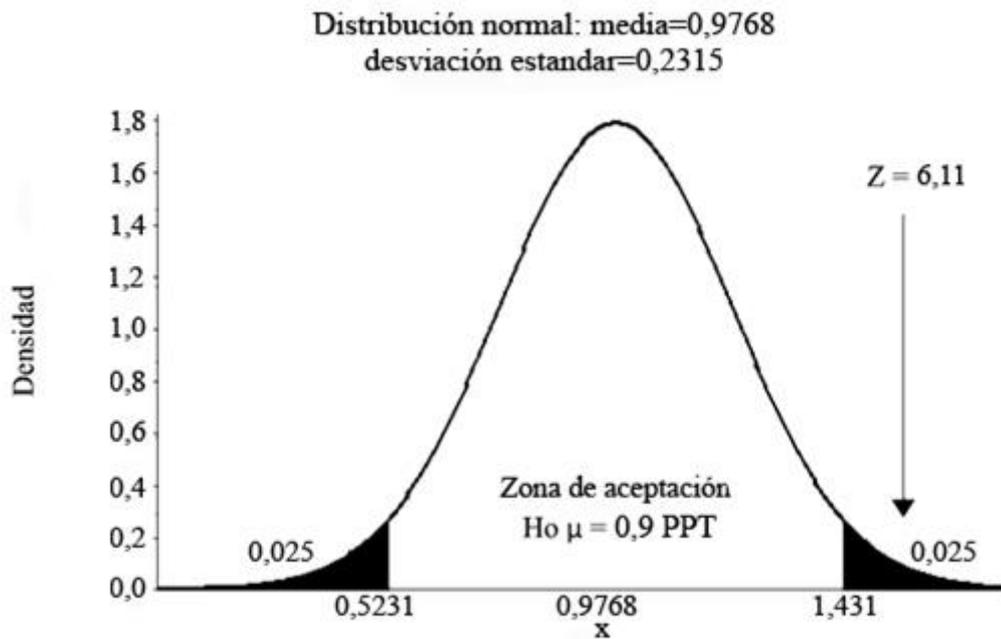
$$H_a: \mu \neq 0,9 \text{ PPT}$$

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

Nivel de confianza = 95 %

El promedio de datos y su desviación estándar determinan una población que incluye al valor de salinidad estimado, los datos muestran una elevada variabilidad estacional.



**Figura 8. Estadístico Z de prueba de hipótesis de salinidad.** El Z Score nos indica que la probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta es nula.

**Tabla 28**

*Estadístico Z de prueba de hipótesis de salinidad*

| N   | Promedio | Desviación estándar | Error estándar del promedio | IC de 95 %        | Z    | P     |
|-----|----------|---------------------|-----------------------------|-------------------|------|-------|
| 340 | 0,9768   | 0,2315              | 0,0126                      | (0,9522 – 1,0014) | 6,11 | 0,000 |

#### 4.4 Discusión de resultados

Se determinó la densidad y diversidad del fitoplancton en la zona de estudio y en las épocas previamente programadas (épocas de avenida y estiaje) y pudo determinarse a través del análisis de componentes principales que estos dos factores, determinantes en la calidad del agua del ecosistema marino costero en la desembocadura del río Osmore, deben más del 87 % de su variabilidad a las variaciones en caudal y turbidez, factores que aumentan en épocas de avenida, produciendo muerte por impacto y abrasión del plancton debido al flujo turbio y turbulento que origina el aumento del caudal, esto coincide con lo concluido por Marciales *et al.* (2012) quienes plantean que la diversidad fitoplanctónica se debe principalmente a las oscilaciones hidrológicas, y Tumialan (2017), quien concluyo que la mayor abundancia de fitoplancton ocurre durante la estación primaveral, sin embargo Vélez *et al.* (2015) determinaron en un periodo de tiempo reducido - agosto-, que los principales factores que influyen sobre el fitoplancton son el pH y la temperatura, esta conclusión difiere de lo encontrado en el presente proyecto debido a la poca robustez de los resultados de Vélez *et al.* (2015). Así mismo, el aumento del caudal en el río Osmore origina el arrastre de residuos sólidos, troncos, escombros, animales muertos, entre otros, que tal como indican Vélez *et al.* (2015) en sus conclusiones causan impactos sobre el fitoplancton que pueden evaluarse a través de indicadores algales. El reciente trabajo elaborado por Hernández, Henríquez y Garay (2016) señala que en la sub cuenca del lago Yojoa la mayor diversidad de fitoplancton se presento en el mes de julio (época de estiaje) y la menor cantidad en la época de lluvia y al final de esta época, resultados que

coinciden y refuerzan la conclusión principal del presente estudio, al mostrar resultados reproducibles y conclusiones similares sin importar la latitud a la cual se desarrollen los diferentes estudios.

Durante la época de avenidas (enero – febrero) los análisis de laboratorio no pudieron identificar ninguna especie fitoplanctónica, esto se asocia al incremento del caudal, lo que origina arrastre de materiales depositados y erosión del lecho del río, aumentando la cantidad de sólidos en suspensión y la turbidez, impidiendo el paso de la luz y los procesos fotosintéticos, además de por abrasión e impacto destruir el fitoplancton que pudiera sobrevivir a nivel superficial en el cauce del río. Esta dependencia ya fue analizada por Prowse *et al.* (1958) y Chow (1999), quienes concluyeron independientemente que, un aumento en la rapidez del flujo originaba una disminución en el crecimiento y la concentración del fitoplancton en los cauces del río, aunque ellos no estudiaron el marcado efecto de los sólidos en suspensión que si se encuentran presentes en el río Osmore en la época de avenida.

En los reportes de ensayo de CERPER en las fotografías 17 a 25 incluidas en los anexos, la densidad de fitoplancton se incrementa en la época de estiaje desde un valor de 0 registrado en el mes de enero hasta más de 8 000 000 organismos/L registrados en el mes de octubre, esto coincide con lo postulado por Chow (1999), quien concluyo que las variaciones en la distribución, cantidad de biomasa, densidad poblacional y riqueza de especies se originan en los cambios en los flujos y velocidad de las corrientes. La relación que se presenta es inversa mientras mayor sea el caudal menor es la cantidad de biomasa presente en el río Osmore por unidad de volumen. Esta dependencia se observa en la figura 1.

Se determinaron los parámetros físicos del agua del río Osmore en épocas de avenida y estiaje, 2017 (temperatura, turbidez y caudal). La turbidez alcanzó valores superiores a 4 000 NTU en enero (época de avenida) hasta valores inferiores a 1 NTU en el mes de agosto (época de estiaje). El agua del río Osmore es utilizada para producción de agua potable por la EPS – Ilo, sin embargo, en épocas de avenida es necesario restringir el servicio para preservar el sistema de captación del agua. Solamente en los meses de estiaje (marzo a diciembre) cuando se cumple el estándar de calidad ambiental para agua de turbidez, esta puede ser captada para su potabilización, según lo establecen los estándares de calidad ambiental para aguas D.S. 004-2017-MINAM. En época de estiaje el caudal promedio fue de 310,85 L/s y la turbidez fue de 1,24 NTU, en época de estiaje se pudo determinar las siguientes densidades de fitoplancton tal como se observa en las figuras 9 a 12 para el mes de abril: Diatomeas punto 1 abril (523 organismos/L), punto 2 abril (589,5 organismos/L), algas verdes punto 1 abril (1 organismos/L), punto 2 abril (1,8 organismos/L), cianobacterias punto 1 abril (0 organismos/L), punto 2 Abril (0,6 organismos/L); en las figuras 13 a 17 para el mes de junio, diatomeas punto 1 junio (146 967 organismos/L), punto 2 junio (989 881 organismos/L), algas verdes punto 1 junio (4 040 organismos/L), punto 2 junio (18 400 organismos/L), cianobacterias punto 1 junio (760 organismos/L), punto 2 junio (8 900 organismos/L), fitoflagelados punto 1 junio (160 organismos/L), punto 2 junio (2 000 organismos/L); y en las figuras 18 a 21 para el mes de octubre, diatomeas punto 1 octubre (9 217 040 organismos/L), punto 2 octubre (8 108 472 organismos/L), algas verdes punto 1 octubre (5 000 organismos/L), punto 2 octubre (21 700 organismos/L), cianobacterias punto 1 octubre (1 300 organismos/L), punto 2

octubre (15 100 organismos/L), así mismo, en época de estiaje también se pudo apreciar otros indicadores biológicos (renacuajos, ranas, camarones, pejerreyes y lisas). Se determinaron los parámetros químicos del agua del río Osmore en épocas de avenida y estiaje, 2017 (pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y salinidad). El pH superó el valor especificado en los estándares de calidad ambiental para aguas D.S. 004-2017-MINAM, alcanzando valores de 8,8 de pH, mientras que la conductividad eléctrica se mantuvo durante todo el estudio por encima de los 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  especificados en los estándares de calidad ambiental para aguas D.S. 004-2017-MINAM. Sin embargo, como ya se ha establecido, el agua del río Osmore es captada para su potabilización y riego.

En los gráficos de distribución de probabilidad de caudal, turbidez y temperatura observados en las figuras 4 a 6, se comprueba que la probabilidad de que las distribuciones de las poblaciones de datos se asemejen a los valores asumidos como promedios estimados fue en todos los casos de cero, los valores estimados son aquellos por debajo de los cuales la presencia de fitoplancton es viable, es decir los promedios y las poblaciones de datos son estadísticamente diferentes y variables a lo largo del año y entre épocas estacionales. En todos los casos se acepta la hipótesis alternativa y se presume una gran variabilidad de los datos. Las figuras 7 y 8 marcan también una gran variabilidad en los que respecta a la cantidad de sales disueltas por efectos de lavado y erosión del lecho del río.

En la figura 22 se observa que el caudal estimado de 300 L/s fue el que predominó en época de estiaje permitiendo el desarrollo y crecimiento de especies fitoplanctónicas, lo cual fue confirmado por los análisis de laboratorio, en los meses

de marzo a diciembre. La figura 23 muestra el mismo comportamiento e influencia de la turbidez en el desarrollo del fitoplancton confirmando la dependencia de estos dos parámetros.

En la figura 24 se observa la variación de temperatura, la cual alcanza valores de hasta 29 °C en épocas de avenida, permaneciendo esta elevación hasta pasado el mes de abril. La temperatura desciende en época de estiaje por debajo de los 24 °C permitiendo el desarrollo pleno del fitoplancton y comienza un nuevo ciclo de calentamiento a mediados de octubre.

En la figura 25 se observa la conductividad eléctrica variar a lo largo del año entre 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hasta 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , esto se debe al incremento de la turbulencia en época de avenida y a la erosión del lecho del río, influenciando el tipo de especies fitoplanctónicas que pueden desarrollarse, propiedad que puede ser la base del desarrollo de un estudio posterior.

En la figura 27 se observa el comportamiento del pH el cual se mantiene aproximadamente constante a lo largo del año variando dentro de lo esperado y especificado en los actuales estándares de calidad de agua.

En la figura 28 se observa una sobresaturación del oxígeno disuelto en los meses de avenida, fenómeno que se explica por la elevada turbulencia originada por la elevación del caudal, sin embargo predominan a lo largo del año valores superiores a 8 mg/L, lo cual indica buena oxigenación para el desarrollo de fitoplancton y de especies mayores como el camarón, el pejerrey, la lisa y ranas.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

**Primera.** Se concluye que las variaciones en caudal y turbidez del agua del río Osmore son responsables de más del 87 % de la variabilidad en la densidad de biomasa fitoplanctónica presente. La temperatura y la conductividad eléctrica si bien influyen en el desarrollo y sucesión de diversas especies de fitoplancton, no alcanzan preponderancia cuando se comparan con la influencia del caudal y la turbidez sobre el fitoplancton.

**Segunda.** Se concluye que durante la época de avenidas la biomasa fitoplanctónica desaparece, esto se asocia al incremento del caudal, lo que origina arrastre de materiales depositados y erosión del lecho del río, impidiendo el paso de la luz y los procesos fotosintéticos, además de por abrasión e impacto destruir el fitoplancton que pudiera sobrevivir a nivel superficial en el cauce del río.

**Tercera.** Se concluye que la densidad de masa fitoplanctónica presente en el agua del río Osmore se incrementa en la época de estiaje desde un valor de cero registrado en el mes de enero hasta más de 8 000 000 organismos/L registrados en el mes de octubre, mostrando una relación inversamente proporcional entre el caudal y la biomasa fitoplanctónica.

**Cuarta.** Se concluye que el parámetro físico turbidez del agua del río Osmore en épocas de avenida no cumple con los estándares de calidad ambiental para aguas D.S. 004-2017-MINAM, por otro lado en épocas de estiaje los valores de turbidez se reducen hasta menos de 5 NTU en todos los casos cumpliendo así con el estándar de calidad ambiental (ECA) para aguas.

**Quinta.** Se concluye que los parámetros químicos del agua del río Osmore en épocas de avenida y estiaje, 2017 (pH y conductividad eléctrica) no cumplen con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aguas D.S. 004-2017-MINAM. Aunque el pH solo superó el ECA trece veces, de trecientos cuarenta mediciones en el mes de setiembre.

## **5.2 Recomendaciones**

**Primera.** Realizar monitoreos mensuales de fitoplancton y otros indicadores biológicos para determinar el estado de conservación del río Osmore y tener información de línea base para futuras investigaciones.

**Segunda.** Realizar proyectos de embalses de agua superficial, los cuales servirían para tener reserva de diversidad de fitoplancton, debido a que el caudal es bajo, por ende la cadena trófica del fitoplancton aumentaría, así mismo serviría para dotar de agua a la población y forestar.

**Tercera.** Realizar monitoreo de análisis de metales y sedimentos, por lo menos 2 veces al año.

**Cuarta.** Se recomienda dar cumplimiento a las ordenanzas municipales que prohíben el ingreso de vehículos para su lavado en el río, los ingresos hacia la ribera del río deberían contar con vigilancia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abosedo, T. e Ikegwu, D. (2012). Patrón sucesional de fitoplancton (> 55 µm) en la laguna de Lekki, Nigeria. *Revista de Biología Tropical*.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales”. Lima, Perú.
- Baker y Kromerbaker. (1979). La producción en los ríos. FAO, Pesca Fluvial.
- Bernal Villanueva, R. (2013). Análisis del caudal del río Osmore en tiempos de estiaje y avenida, como alternativa de solución al alto contenido de arsénico y boro de la fuente de abastecimiento de Locumba Ite, provincia de Ilo 2012 - 2013. Ilo, Moquegua, Perú.
- Chow, N. (1999). Comportamiento del fitoplancton en los ríos tributarios del río San Juan. Obtenido de Repositorio Institucional UNAN: <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/2631>
- EPA Environmental Protection Agency. (7 de Julio de 2016). Obtenido de US EPA: <https://espanol.epa.gov/espanol/terminos-c>
- Franco, J., Sulca, L. y Cáceres, C. (1999). Fitoplancton del río altoandino Kaño - Tacna. Cordillera suroccidental del Perú. Tacna, Tacna, Perú: Ciencia y Desarrollo.
- Gutiérrez, R. y Sánchez, R. (2007). Diagnóstico de la actividad pesquera artesanal en el estero real. Managua, Nicaragua.
- Hernández, A., Marin, M., Henriquez, L., Garay, M. (2016). Variación espacial y temporal de la diversidad y abundancia del fitoplancton del lago de Yojoa en un año hidrológico 2014-2015. Dirección de Investigación Científica y Posgrado, UNAH.

- Lannacone, J., Alvariño, L., Jiménez, R. y Argota, G. (2003). Diversidad del plancton y macrozoobentos como indicador de la calidad del agua del río Lurin. *The biologist*.
- Marciales, L., Díaz, J., Cruz, P. y Medina, V. (2012). Evaluación de la composición del plancton en cuatro lagunas de rebalse del río Metica. Puerto López, Meta, Colombia.
- Ministerio del Ambiente - Perú. (30 de Mayo de 2015). <http://www.minam.gob.pe>.  
Obtenido de <http://www.minam.gob.pe>.
- Prowse, G. y Talling, J. (1958). The seasonal growth and succession of plankton algae in the White Nile. *Association for the sciences of limnology and oceanography*.
- Russell, D. y Hunter, R. (1979). *Aquatic productivity. An introduction to some basic aspects of biological oceanography and limnology*. New York, USA. Macmillan.
- Samanez, I., Rimarachin, V., Palma, C., Arana, J., Ortega, H. y Correa, V. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Lima, Perú: Zona Comunicaciones S.A.C.
- Tumialán Ascarza, N. (2017). *Comunidad fitoplanctónica de la laguna "Pumacocha" del distrito de Vischongo durante las estaciones de invierno y primavera, Ayacucho - 2014*. Ayacucho, Perú.
- Vásquez, E. y Sánchez, L. (1975). Variación estacional del plancton en dos sectores del río Orinoco y una laguna de inundación adyacente. En L. S. Enrique Vasquez. Venezuela.

Vélez, A., Lozano, S. y Cáceres, K. (2015). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima – Perú.

Vicente, E., Hoyos, C., Sanchez, P. y Cambra, J. (2007). Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la confederación hidrográfica del Ebro. Madrid – España.

[https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos\\_muestreo\\_biologico\\_con\\_portada\\_tcm30-214764.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf)