

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental



“DIVERSIDAD FITOPLANCTÓNICA COMO  
BIOINDICADOR DE LA CALIDAD DE LOS  
ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE PIURA ENTRE  
LOS AÑOS 2013-2018”

Tesis para optar el título profesional de:  
Ingeniera Ambiental

Autora:

Xiomara Victoria Obregon Medina

Asesor:

Ing. M.Sc. Sandra Lorena Zavala Guerrero

Lima - Perú

2022

## **DEDICATORIA**

La presente investigación está dedicada a mi familia y enamorado que siempre me motivan, apoyan y confían en mí, para lograr mis metas y forjarme profesionalmente.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todas las personas que me estuvieron a mi lado en el camino para culminar la presente tesis.

Agradezco también a la Universidad Privada del Norte – Sede Breña y a la M. Sc. Sandra Lorena Zavala Guerrero que me brindó el apoyo incondicional y el asesoramiento necesario para llegar a culminar la presente investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1 Realidad problemática .....	2
1.2 Justificación .....	3
1.3 Antecedentes .....	4
1.3.1 Antecedentes internacionales .....	4
1.3.2 Antecedentes nacionales .....	7
1.4 Marco Teórico .....	9
1.4.1 Ecosistemas acuáticos.....	9
1.4.2 Ecosistemas lenticos.....	10
1.4.3 Ecosistemas lóticos.....	11
1.4.4 Algas .....	11
1.4.5 Fitoplancton.....	13
1.4.6 Bioindicadores.....	14
1.4.7 Parámetros de calidad del agua .....	15
1.5 Formulación del problema .....	17
1.6 Objetivos .....	17
1.6.1 Objetivo general .....	17
1.6.2 Objetivos específicos .....	17
1.7 Hipótesis .....	17
1.7.1 Hipótesis General.....	17
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
2.1. Tipo de investigación .....	18
2.2. Diseño de investigación.....	18
2.3. Población y muestra .....	18
2.3.1. Población .....	18
2.3.2. Muestra .....	19

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	19
2.4.1. Recolección de datos.....	19
2.4.2. Técnicas de recolección de datos.....	19
2.4.3. Instrumentos de recolección de datos .....	20
2.4.4. Materiales.....	20
2.5. Procedimiento.....	21
2.5.1. Identificación de los grupos taxonómicos de fitoplancton y parámetros de calidad en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018 .....	21
2.5.2. Sistematización de la composición taxonómicos del fitoplancton presentes en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018 .....	21
2.5.3. Elaboración del mapa de distribución de diversos grupos taxonómicos en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.....	22
2.5.4. Análisis de la influencia de los grupos taxonómicos del fitoplancton con los parámetros de calidad .....	22
2.6. Análisis de datos.....	23
2.6.1.    Analítico de datos cualitativo .....	23
2.6.2.    Análisis estadístico .....	23
2.7.    Aspectos éticos .....	23
<b>CAPITULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
3.1 Identificación de grupos taxonómicos y parámetros de calidad.....	24
3.1.1. Identificación de ecosistemas acuáticos.....	24
3.1.2 Identificación de grupos taxonómicos.....	25
3.1.3 Identificación de parámetros de calidad de los ecosistemas acuáticos .....	27
3.2 Sistematización de la composición taxonómica del fitoplancton.....	29
3.2.1 Sistematización de la investigación 'I-1' .....	30
3.2.2 Sistematización de la investigación 'I-2' .....	32
3.2.3 Sistematización de la investigación 'I-3' .....	34
3.2.4 Sistematización de la investigación 'I-6' .....	35
3.2.5 Sistematización de la investigación 'I-7' .....	39
3.2.6 Sistematización de la investigación 'I-8' .....	41
3.2.7 Sistematización de la investigación 'I-9' .....	43
3.2.8 Sistematización de la investigación 'I-10' .....	44
3.3.    De la elaboración del mapa de distribución de los diversos grupos taxonómicos de fitoplancton.....	52
3.4.    Análisis de la influencia de los grupos taxonómicos del fitoplancton con los parámetros de calidad .....	57
3.4.1. De la investigación 'I-1' .....	57
3.4.2 De la investigación 'I-2' .....	58
3.4.3 De la investigación 'I-6' .....	60

3.4.4 De la investigación 'I-7' .....	65
3.4.5 De la investigación 'I-10' .....	67
3.5.6 Calidad del agua completa .....	75
<b>CAPITULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>77</b>
4.1. Discusión .....	77
4.2 Conclusión .....	86
<b>CAPITULO V. REFERENCIAS.....</b>	<b>87</b>
<b>CAPITULO VI. ANEXOS.....</b>	<b>94</b>
ANEXO 1: Matriz de consistencia.....	94
ANEXO 2: Lista de verificación.....	95
ANEXO 3: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-1' .....	96
ANEXO 4: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-2' .....	97
ANEXO 5: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-3' .....	97
ANEXO 6: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-6', P1.....	98
ANEXO 7: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-6', P2.....	98
ANEXO 8: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-6', P3.....	99
ANEXO 9: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-7' .....	99
ANEXO 10: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-8' .....	100
ANEXO 11: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-9' .....	100
ANEXO 12: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-10', Canchaque 101	101
ANEXO 13: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-10', Maraypampa 101	101
ANEXO 14: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-10', Coyona	102
ANEXO 15: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación 'I-10', Los Ranchos 102	102
ANEXO 16: Mapa de distribución GTF-1 .....	103
ANEXO 17: Mapa de distribución GTF-2 .....	104
ANEXO 18: Mapa de distribución GTF-3 .....	105
ANEXO 19: Mapa de distribución GTF-4 .....	106
ANEXO 20: Mapa de distribución GTF-5 .....	107
ANEXO 21: Mapa de distribución GTF-6 .....	108
ANEXO 22: Mapa de distribución GTF-7 .....	109
ANEXO 23: Mapa de distribución GTF-8 .....	110
ANEXO 24: Mapa de distribución GTF-9 .....	111
ANEXO 25: Mapa de distribución GTF-10 .....	112

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Tabla de codificación por grupo taxonómico</i> .....	22
Tabla 2: <i>Identificación de ecosistema acuático por investigación</i> .....	24
Tabla 3: <i>Identificación de grupo taxonómico por investigación</i> .....	25
Tabla 4: <i>Tabla de identificación de parámetros de calidad</i> .....	27
Tabla 5: <i>Tabla de resultados de N.º de especies por investigación</i> .....	29
Tabla 6: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-1'</i> .....	31
Tabla 7: <i>Tabla de resultados de riqueza de especies de la investigación 'I-2'</i> .....	33
Tabla 8: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-3'</i> .....	35
Tabla 9: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-6', P1</i> .....	35
Tabla 10: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-6', P2</i> .....	37
Tabla 11: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-6', P3</i> .....	38
Tabla 12: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-7'</i> .....	40
Tabla 13: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-8'</i> .....	42
Tabla 14: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-9'</i> .....	43
Tabla 15: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-10', Canchaque</i> .....	45
Tabla 16: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especie de la investigación 'I-10', Maraypampa</i> .....	47
Tabla 17: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-10', Coyona</i> .....	49
Tabla 18: <i>Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-10', Los Ranchos</i> .....	51
Tabla 19: <i>Análisis de la Varianza de la investigación 'I-1'</i> .....	57
Tabla 20: <i>Comparación método Tukey de la investigación 'I-1'</i> .....	57
Tabla 21: <i>Análisis de la varianza de la investigación 'I-2'</i> .....	59
Tabla 22: <i>Comparación método Tukey de la investigación 'I-2'</i> .....	59
Tabla 23: <i>Análisis de la varianza de la investigación 'I-6', P1</i> .....	61
Tabla 24: <i>Comparación método Tukey de la investigación 'I-6', P1</i> .....	61
Tabla 25: <i>Análisis de varianza de la investigación 'I-6', P2</i> .....	63
Tabla 26: <i>Comparación método Tukey de la investigación 'I-6', P2</i> .....	63
Tabla 27: <i>Análisis de varianza de la investigación 'I-6', P3</i> .....	64
Tabla 28: <i>Comparación método Tukey de la investigación 'I-6', P3</i> .....	64
Tabla 29: <i>Análisis de varianza de la investigación 'I-7'</i> .....	66
Tabla 30: <i>Comparación método Tukey de la investigación 'I-7'</i> .....	66
Tabla 31: <i>Análisis de varianza de la investigación 'I-10', Canchaque</i> .....	68
Tabla 32: <i>Comparación método Tukey de la investigación 'I-10', Canchaque</i> .....	68
Tabla 33: <i>Análisis de varianza de la investigación 'I-10', Maraypampa</i> .....	70
Tabla 34: <i>Comparación método Tukey de la investigación 'I-10', Maraypampa</i> .....	70
Tabla 35: <i>Análisis de varianza de la investigación 'I-10', Coyona</i> .....	72
Tabla 36: <i>Comparación método Tukey de la investigación 'I-10', Coyona</i> .....	72
Tabla 37: <i>Análisis de varianza de la investigación 'I-10', Los Ranchos</i> .....	73
Tabla 38: <i>Comparación método Tukey de la investigación 'I-10', Los Ranchos</i> .....	74
Tabla 39: <i>Análisis de varianza de la calidad de agua completa</i> .....	75
Tabla 40: <i>Comparación método Tukey de la calidad de agua completa</i> .....	75

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Grafico de identificación de grupos taxonómicos.....	26
Figura 2: Gráfico de identificación de parámetros en los ecosistemas acuáticos.....	28
Figura 3: Gráfico de frecuencia de año de estudio en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.....	28
Figura 4: Gráfico de N.º de especie por investigación .....	30
Figura 5: Gráfico de parámetros de calidad (temperatura - pH).....	32
Figura 6: Gráfico de parámetros de calidad del estudio que realizaron en el canal Daniel Escobar y la Planta de tratamiento de agua potable Curumuy. ....	34
Figura 7: Parámetros de calidad en la Caleta Los Órganos de mayo a julio- 2015, P1.....	36
Figura 8: Parámetros de calidad en la Caleta Los Órganos de mayo a julio- 2015, P2.....	37
Figura 9: Parámetros de calidad en la Caleta Los Órganos de mayo a julio- 2015, P3.....	39
Figura 10: Gráfico de parámetros de calidad en el litoral marino de Piura en el año 2015 .	41
Figura 11: Grafico de parámetro de calidad en la Bahía de Sechura de enero a junio del 2015. ....	42
Figura 12: Gráfico de la temperatura en el manglar de San Pedro de enero a octubre 2015. ....	44
Figura 13: Parámetro de calidad del rio Canchaque, febrero - julio 2015.....	46
Figura 14: parámetros de calidad de Maraypampa, febrero- julio 2015. ....	48
Figura 15: Parámetros de calidad del rio Coyona, febrero-julio 2015 .....	50
Figura 16: Gráfico de parámetros de calidad de Los Ranchos, febrero – julio 2015. ....	52
Figura 17: Mapa de distribución.....	53
Figura 18: Gráfico según ecosistema lótico o léntico.....	56
Figura 19: Gráfico de localización por tipo de agua .....	56
Figura 20:Gráfica de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-1 .....	58
Figura 21: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-2.....	60
Figura 22: Gráfico de efecto de la temperatura y pH de la investigación I-6, P1 .....	62
Figura 23: Gráfico de efectos principales de temperatura y Ph de la investigación I-6, P2.	63
Figura 24: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-6, P3.....	65
Figura 25: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-7. ....	67
Figura 26: Grafico de efecto de la temperatura y pH de la investigación I-10, Canchaque.	69
Figura 27: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-10, Maraypampa .....	71
Figura 28: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-10, Coyona.....	73
Figura 29: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-10, Los Ranchos .....	74
Figura 30: Gráfico de efectos de temperatura y pH en la calidad de agua completa .....	76



## RESUMEN

La diversidad, estructura y composición de las comunidades fitoplanctónicas reflejan los distintos parámetros de calidad y estados de equilibrio del componente acuático en el que encuentran. Por ello, en el presente trabajo el objetivo es determinar la biodiversidad como objetivo de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018. La población de estudio está representada por los ecosistemas acuáticos de Piura de donde se realizaron la extracción de las muestras. Los resultados fueron que existe mayor abundancia de GTF-5 (Bacillariophyta) seguido de GTF-3(Pyrrophyta) y GTF-1 (Cyanophyta). Concluyendo que la diversidad fitoplanctónica es un bioindicador de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018, ya que la presencia de ciertos grupos taxonómicos, los cuales tienen relación en su variabilidad con la temperatura, llega a indicar que ciertos tipos de contaminantes se pueden presentar.

**Palabras claves:** *Fitoplancton, parámetros de calidad, ecosistema acuático, contaminantes*

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

En la actualidad varios países en el mundo padecen problemas ambientales, uno de ellos es la contaminación de agua y su aumento en la demanda para los diversos sectores como la industria, agricultura, uso doméstico, generación de energía, entre otros, los cuáles alteran los ecosistemas. Naciendo en los últimos años el interés por la diversidad del plancton que se presentan en diversos ecosistemas acuáticos, ya que sus características son importantes para determinar la calidad en el que se encuentre el recurso hídrico. Por eso existe la importancia de evaluar su bienestar, implicando planes de biomonitoreo mediante el uso de bioindicadores y biomarcadores para medir los efectos y exposición, porque: “A lo largo del tiempo, los ecosistemas sufren constantemente modificaciones graduales en sus características físicas y biológicas que, en conjunto con otras fuerzas como la selección natural y la selección sexual, modelan una y otra vez su identidad” (González y Vallarino, 2014). Si los ecosistemas acuáticos son centros de origen de especies y su diversidad, es necesario proponer métodos para la identificación de bioindicadores y saber la realidad ambiental, prosiguiendo a una evaluación de calidad de agua para mejorar la gestión del ecosistema (Segura, Cantoral, Israde y Maidana, 2012).

## 1.2 Justificación

Roldán (como se cita en Peña, Palacios y Ospina, 2005) refiere que la contaminación presente en los cuerpos de agua; ya sea de origen orgánico o inorgánico, altera las características físicas, químicas y biológicas, afectando la composición y distribución de las comunidades que se presenta en dicho ecosistema. Por ello, el estudio de la diversidad y distribución del fitoplancton en los ecosistemas acuáticos de Piura es fundamental porque plasmando los grupos taxonómicos en un catálogo nos muestra la distribución y las condiciones con que se encuentra el agua, esto debido a la capacidad de adaptación ante los diversos factores ambientales y la presencia de contaminante. La importancia de este indicador biológico es importante por sus ventajas, tales como las respuestas a efectos acumuladores intermitentes que a veces en los muestreos se pasa por alto, determinación de nuevos elementos contaminantes, determinación del nivel de contaminación ambiental, por qué el fitoplancton acumula sustancias en su organismo y la simplificación de muestras y costos, descartando datos difíciles de manejar e interpretar (Pinilla, 2000, p.13).

Además, este tipo de organismo vegetal es la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos ejerciendo influencia sobre otros componentes del ecosistema y el crecimiento de ciertas poblaciones que puedan tener efectos negativos, siendo indicador de una posible eutrofización.

### 1.3 Antecedentes

#### 1.3.1 Antecedentes internacionales

Özbay (2011) realizó un estudio en el río Kars de Turquía, ya que dicho recurso es fuente importante en las actividades diarias de las personas en la ciudad de Sarikamis; además en dicho país las investigaciones del fitoplancton se centran en los ecosistemas lenticos (lagos), por lo que es el primer estudio en dicho ecosistema acuático donde se identificaron 7 grupos taxonómicos de fitoplancton.

Según Okogwu y Ugwumba (2013) los factores de la abundancia del fitoplancton han sido poco estudiadas en los ríos de África Occidental, por lo que realizaron el estudio de la dinámica del fitoplancton y los parámetros de calidad en dos ríos tropicales del sureste de Nigeria, donde hallaron 8 grupos taxonómicos que variaron según la estación seca o lluviosa. Por otro lado, Juárez et al. (2017) hicieron estudios de la biodiversidad de fitoplancton en la laguna Cajititlán ubicada en México, debido a la contaminación por el vertimiento de aguas residuales, que ocasionó muertes de peces por posibles toxinas liberadas debido a la abundancia comunitaria del fitoplancton, siendo necesario los estudios constantes para controlar la calidad del lago.

En España, se realizaron estudios en el lago de As Pontes (lago artificial) para analizar la comunidad de fitoplancton con el objetivo de evaluar la calidad del agua, recolectando muestras de agua desde el 2009 hasta el 2014, resultando diferentes grupos taxonómicos, tales como Bacillariophyta, Cyanophyta, Heterokonphyta, Chrysophyta, Xantophyta, Pyrrophyta, Cryptophyta, Euglenophyta, Charophyta y Ochrophyta. Relacionaron la abundancia del grupo taxonómico Cyanophyta con el aumento de las concentraciones de nitrógeno y fosforo. (López, Leira, Valle y Moyá, 2016)

En Cuba, se analizaron las comunidades fitoplanctónicas en las playas del este. Se hallaron 3 grupos taxonómicos: Bacillariophyta, Cyanophyta y Pyrrophyta. Por la baja disponibilidad de nitrógeno, se desarrollaron especies del grupo taxonómico Pyrrophyta, por lo que recomendaron constante vigilancia ya que estos organismos son muy susceptibles en aumentar su abundancia, lo cual provocará cambios de coloración en el ecosistema acuático marino y por la característica propia de que pueden producir sustancias tóxicas. Por otro lado, la predominancia de Cyanophyta en época lluviosa, fue un indicador de la limitación de nutrientes tales como el nitrógeno y fósforo (Bustamante, Carmenate, Margarita y Loza, 2016).

En México, en el lago Cajititlán, realizaron estudios sobre la biodiversidad del fitoplancton con el objetivo de hallar indicadores biológicos de contaminación y determinar la abundancia relativa de los grupos taxonómicos. Resultaron 6 grupos taxonómicos: Chlorophyta, Cyanophyta, Heterokonphyta, Streptophyta, Euglenophyta, Cryptophyta, Bacillariophyta. Siendo el predominante la Chlorophyta, el cual se adaptó al proceso de eutrofización, la temperatura y pH, además de ser productoras de oxígeno y lograr eliminar materia orgánica e inorgánica. Por otro lado, el grupo taxonómico Cyanophyta, representó un riesgo para laguna ya que dicho grupo tiene la capacidad de proliferar, sintetizar y acumular moléculas tóxicas (Vizcaíno, et al., 2017).

En Argentina los estudios se incrementaron ya que existe una falta de antecedentes de la abundancia del fitoplancton en ecosistemas lénticos y lóticos, algunas lagunas son piezas claves del ecosistema pampeanos argentino, como es el caso de la laguna Sauce Grande que presenta características estables con respecto a los parámetros físicos, químicos

y biológico donde el fitoplancton domina en aguas turbias y es sensible a los agentes contaminantes, afectando su distribución y abundancia (Cony, Ferrer y Cáceres, 2017).

En el arroyo Calimayo, en la cuenca del río Salí en Argentina, identificaron 4 grupos taxonómicos: Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenophyta y Cyanophyta. Siendo el predominante el grupo taxonómico Bacillariophyta. Por otro lado, la presencia de Cyanophyta y Euglenophyta están relacionadas con la abundante materia orgánicas, en zonas que presentaron mayor carga orgánica y altos valores de conductividad se hallaron mayor riqueza del grupo taxonómico Bacillariophyta (Taboada, Martínez, Alderete, Gultemirian y Tracanna, 2018).

En Colombia se determinó los efectos del agua asociada a la producción de la industria petrolera en el río Acacias sobre la abundancia y riqueza de la comunidad fitoplanctónica, además de las variables físicas y químicas del agua. Tomándose 3 puntos de muestreos: 200m antes del vertimiento, en el sitio del vertimiento y a 200m del vertimiento. También se evaluaron los parámetros fisicoquímicos, tales como la temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos y conductividad. Se hallaron 5 grupos taxonómicos: Bacillariophyta, Chlorophyta y Cyanophyta, donde el grupo taxonómico Chlorophyta no varió en ningún punto de muestreo, lo que puede significar que llega a tolerar estos vertimientos, siendo un bioindicador con bajo potencial de efluentes petroleras. El grupo taxonómico Bacillariophyta presento poca relevancia en el lugar de vertimiento, por los valores bajos de riqueza y abundancia. Por último, el grupo taxonómico Cyanophyta se le catalogó como un bioindicador de eutrofización de agua, ya que se estimulan con la presencia de nitrógeno y fósforo, estimulando su afloramiento (Vera, Marciales, Otero, Cruz y Velasco, 2011)

### 1.3.2 Antecedentes nacionales

El Perú es un país megadiverso que presenta una alta riqueza natural tanto en flora y fauna terrestre y acuática, destacando las aguas continentales como los pantanos, lagunas, humedales costeros y ríos que son fuente de vida para los pobladores de las regiones que albergan diversos organismos microscópicos (algas y protozoarios), base de las redes tróficas (MINAM, 2014).

La diversidad, estructura y composición de estas comunidades biológicas reflejan los distintos parámetros y estados de equilibrio, comportándose como un indicador de salud del ecosistema en el que se encuentren, ya que se adaptan a las condiciones fisicoquímicas o la dinámica hídrica (UNESCO, 2009). Solo algunos ecosistemas del Perú han sido evaluados para determinar las clases de fitoplancton que presentan, siendo en su mayoría el estudio de los ecosistemas marinos que fueron realizados por el IMARPE, reflejando la falta de recopilación de divisiones del fitoplancton en nuestro país como parte de la biodiversidad, importante para estudios próximos. Algunos cuerpos de agua estudiados, con respecto al fitoplancton, se realizaron en el departamento de Madre de Dios (Samanez y Zambrano, 1995), siendo el primer reporte de composición taxonómica del plancton en dicho departamento en donde se elaboraron un inventario de sus componentes en base a algunas características ecológicas, teniendo la presencia de Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta. En Ucayali se realizó una caracterización limnológica en donde fueron identificadas 52 especies (Riofrío, Carrasco y Clavo, 2003) y en la cuenca del río Itaya en el departamento de Loreto se identificaron 69 especies, variando el grupo taxonómico en la cuenca alta, media y baja (Ismiño et al., 2018).

En la región sierra se evaluó la diversidad de algas fitoplanctónica en las lagunas altoandinas del departamento de Pasco, registrando 88 taxones (Baylón et al., 2018), en la región costa algunos ecosistemas analizados fueron la cuenca del río Chicama constituida por 14 especies de fitoplancton (Santillán y Guerrero, 2018) y la laguna La Viuda en el departamento de Lima (Huanaco, Montoya, Castellanos & Quiroz, 2018).

Por ello, muchos autores concuerdan que el método biológico tiene un papel importante para lograr manejar e interpretar el recurso hídrico por sus ventajas. Lanza, Hernández y Carbajal (2000) afirmaron que: Un indicador biológico es característico de un medio ambiente que cuando se mide, cuantifica la magnitud del estrés, las características del hábitat y el grado de exposición del estresor o el grado de respuesta ecológica a la exposición. El número potencial de indicadores es infinito y la selección de los mejores indicadores de este vasto acervo no es un simple ejercicio.

Además “el empleo de bioindicadores en diversos países está enfocado no solo en medir la salud del ecosistema acuático, sino también en determinar el impacto sobre los seres humanos, especialmente el económico” (Lanza y Hernández, 2014, p.43). Un ejemplo de ello es el cultivo de microalgas en donde se utilizan condiciones naturales y favorables, Cohen (como se cita en Gómez, 2007) lo resume en tres puntos: mediante el cultivo se obtiene mayores rendimientos anuales de biomasa, la composición bioquímica se modifica fácilmente variando las condiciones ambientales por el medio de cultivo y bajo ciertas condiciones algunas especies de microalgas pueden acumular altas concentraciones de compuestos de interés comercial como las proteínas, lípidos, almidón, glicerol, pigmentos naturales o biopolímeros.



Las aplicaciones destacadas de las microalgas son en el campo de la biomedicina y farmacología, ya que algunas se utilizan para tratar heridas y presentan efectos hipocolesterolémicos, actividad antibacteriana, antifúngica, inmunoreguladora y antitumoral (Gómez, 2007).

El uso de las microalgas también genera beneficios en el sector agrícola, ya que permite la adhesión de partículas, almacenamiento de agua en el suelo, fijación del nitrógeno y transformación de la materia orgánica de las aguas residuales usándolo después como biofertilizante (Filipa, Didier y Pareau, 2020). En los procesos que se relacionan con el tratamiento de agua, el papel de estos microorganismos es importante para la remoción de los DAM (Drenaje Ácidos de Mina) (Torres, Cáceres y Roa, 2017). En la acuicultura la importancia del estudio y uso de las microalgas se da porque son complementos de las dietas de moluscos, rotíferos, peces, etc. (Gómez, 2007).

## **1.4 Marco Teórico**

### **1.4.1 Ecosistemas acuáticos**

El agua es un elemento esencial para el planeta por sus propiedades físicas y químicas. Siendo así un recurso no renovable en donde habitan diversos organismos vivos, tales como algas, fitoplancton, peces, moluscos, poríferos, cnidarios, invertebrados, entre otros (Carrísimo, Del Cero, Fonalleras, Silva y Giordano, 2013). Por lo que, un ecosistema acuático siempre presentara biodiversidad de flora y fauna, presentándose en dos tipos: ecosistemas de agua dulce y ecosistemas de agua salada. Siendo el Perú, un país que cuenta con variedad de ecosistemas acuáticos tales como mar, ríos, lagos acuíferos, entre otras. Además, estos tipos de ecosistemas se pueden dividir en lenticos y loticos (Sánchez, 2007).

### 1.4.2 Ecosistemas lenticos

Los presentes ecosistemas presentan agua que no tienen movimiento y se quedan en un lugar. Dentro de los ecosistemas lenticos tenemos a los cuerpos de agua endorreica, donde Sánchez (2007) menciona: Las cuencas endorreicas, en resumen, son geoformas comparables a ollas, dentro de las cuales las únicas salidas para el agua captada pueden ser la infiltración en el subsuelo o la evaporación progresiva hacia la atmósfera. Existen lagunas de cuencas endorreicas amplias y muy pequeñas, profundas y someras. El aporte de agua proviene principalmente de la precipitación pluvial local, aunque en unos cuantos casos también pueden recibir aporte de agua presente en el subsuelo (que compensa la evaporación). En algunos cráteres de volcanes existen lagunas mantenidas por el aporte pluvial que satisfacen, estrictamente, la definición de una laguna de cuenca endorreica y cuyo nivel de agua muy difícilmente excederá los bordes del cráter. (pag.23)

Otro ejemplo de ecosistema lenticos, son las lagunas, que son depósitos de agua natural. Sánchez (2007) afirma: En general, puede decirse que los ecosistemas acuáticos, como lagos u otros humedales, suelen ser —a escala geológica— rasgos efímeros del paisaje que cambian en algunos cientos de miles de años. Aunque a la escala de una vida humana unos cuantos miles de años pueden parecer demasiado, claramente, en la naturaleza muchos cambios ocurren en lapsos largos, por lo que no se justifica en modo alguno favorecer la aceleración de procesos de eutrofización, azolve y desecación, debidos a actividades como la extracción excesiva de agua de estas cuencas, que se practican en apenas unas decenas o cientos de años (pag.25).

También tenemos los humedales, las cuales pueden llegar a tener una amplia diversidad de hábitat como las zonas costeras, ríos, lagos, arrecifes de coral, manglares, praderas, y otras zonas marinas que no pasen los 6 metro en marea baja como los humedales artificiales como los estanques de tratamiento de aguas residuales o embalses (Convención de Ramsar, 2013).

#### **1.4.3 Ecosistemas lóticos**

Los presentes ecosistemas presentan aguas en movimiento en alguna dirección ya sea por características que presenten, tales como la pendiente, profundidad, caudal, etc. Por ejemplo, dentro de este grupo tenemos a los ríos y arroyos, los cuales permiten la continuidad de la interrelación entre la atmosfera, océano y litosfera, albergando diversos organismos que brindan servicios ecosistémicos (Campoblanco y Gomero, 2000).

#### **1.4.4 Algas**

Las algas pertenecen al reino vegetal y en su gran mayoría pertenecen al ambiente acuático presentando un metabolismo autótrofo con estructuras y tamaños diferentes. Otras se acoplan en ambientes aéreos, tejido vegetales y animales (Revilla y Zarra, 2013). Según Elorza (2005) con ellas empieza la organización citológica perfecta y el volumen que presentan es mínimo comparado con las algas microscópicas del fitoplancton. Por el grado de complejidad fisiológica y morfológica presentan diversos tipos de organización: unicelular, filamentoso, colonial, cenobial, laminar, parénquima y pseudoparénquima (Carmona, Hernández y Ramírez, 2004). La forma de asociarse se basa en niveles básicos como protofítico, talofítico, briofítico y comofítico, presentando cada una de ellas características particulares.

Los protofitos agrupan los organismos unicelulares como coloniales en donde están incluidos las diatomeas, cianobacterias y algunos hongos (Peña, 2011, p.2). Los talofitos crean tejidos protectores y está conformada por tres divisiones: clorofitas, feofitas y rodofitas, a las cuales pertenecen las algas verdes, rojas y pardas respectivamente (Jaramillo, 2004, p. 338). En las briofitas se encuentra la familia de los musgos acuáticos y también terrestres, representando una organización intermedia entre el talo y cormo (Fraume, 2006, p.50). Las cormofitas presentan un cuerpo conformado por raíces, tallos y hojas con tejidos bien diferenciados, conformado por un grupo de helechos licopodios y pteridofitas (Fraume, 2006, p.83).

Las algas rojas presentan más de 6 000 especies y según Estévez (2003) presenta una membrana doble y las clorofilas son opacadas por pigmentos como las ficobilinas, en la que se encuentra la ficoeritrina, proporcionando el color rojo y ocultando el color verde de la clorofila. Éstas se encuentran en aguas pocas profundas, abundando sobre todo en mares meridionales y solo presentan una clase que a su vez se subdivide en 10 órdenes (Elorza, 2005, p.101). Las algas pardas presentan cuatro divisiones: euglenófitos, pirrófitos, feófitos y crisófitos. Además, poseen un pigmento pardo amarillentos que ayuda al aumento de capacidad de luz y su hábitat usualmente se encuentra en el adherimiento de las rocas marinas, alcanzando algunas una altura de 100 m, usualmente en el litoral Pacífico (Audesirk, Audesirk y Byers, 2003, p. 382). Las algas verdes se pueden encontrar desde unicelulares hasta multicelulares muy complejos, teniendo como manera de vida intermedia a las colonias y la organización cenocítica (Curtis, Barnes, Schnek y Flores, 2006, p.366).

### 1.4.5 Fitoplancton

El término fitoplancton hace referencia, dentro de las algas, al hábitat que ocupan en los sistemas acuáticos (Consejería de Medio Ambiente: Junta de Andalucía, 2010). Éstos son organismos microscópicos que forma la primera base del nivel trófico de los otros organismos marinos por su participación en el ciclo de carbono, la mayoría vive en columnas de aguas, pero otras algas del fitoplancton viven adheridas de un sustrato orgánico o inorgánico, llamados perifiton o fitobentos. Se distinguen tres categorías de acuerdo con su talla: de 0,2 a 2  $\mu\text{m}$  se encuentran los picofitoplancton, de 2 a 20  $\mu\text{m}$  están los nanofitoplancton y de 20 a 200  $\mu\text{m}$  los microfitoplancton, estando conformadas por una comunidad de microalgas y cianobacterias, esta última puede formar afloraciones y presentar un tamaño mayor a los 200  $\mu\text{m}$  (UNESCO, 2009). Entre los grupos principales de algas que se encuentran en el fitoplancton tenemos: Cyanophyta, Dynophyta, Euglenophyta, Cryptophyta, Heterokontophyta, Chlorophyta, Charophyta y Ochrophyta.

La división Cyanophyta presenta una organización similar a las bacterias y cianobacterias que contiene clorofila ‘a’, pero a diferencia de ellas que realizan la fotosíntesis en ausencia de oxígeno, las cianofitas producen oxígeno en el proceso, pueden vivir en rocas y en simbiosis con diversos organismos como los hongos o plantas vasculares y pueden soportar condiciones extremas como la salinidad y temperaturas muy altas o frías en aguas ricas en fósforo y profundas (UNESCO, 2009).

La división Dynophyta (Dinoflagellata o Pyrrhophyta) posee una alta fragilidad por su alta deformación por los fijadores o al momento de su captura en las redes, usualmente se presenta en aguas estuarinas y costeras con climas templado a tropicales (Maciel y Hernández, 2013). Este fitoplancton es una de las microalgas tóxicas por su diversidad, con

81 especies productoras de toxinas nocivas (Maciel, 2015). Su talla va desde  $5\mu\text{m}$  hasta los 2mm, desarrollando en ocasiones estructuras anexas como aletas, cuernos o espinas (Parra, Ramírez y Hernández, 2011).

#### **1.4.6 Bioindicadores**

Cada organismo en el mundo llega a ser un indicador porque se adapta a las condiciones del medio en el cual se desarrolla, pero se le denomina un indicador biológico a aquel organismo que por su presencia y afloración indica algún tipo de proceso o estado en el que se pueda encontrar el hábitat, sobre todo si ese recurso no tiene un buen plan de gestión hídrico (Pinilla, 2000).

Por otro lado, Pinilla (2000) menciona que se considera a un indicador biológico como aquel que señale el estado o proceso del ecosistema del lugar en el que se encuentre, en base a su presencia y abundancia del organismo. Mason (1984) afirma que los indicadores biológicos se han relaciona con la calidad del agua.

Las ventajas de los indicadores biológicos son diversas, una de ellas es que permiten detectar presencia de un nuevo elemento contaminante o insospechado, otra ventaja es que las poblaciones de plantas o animales tienden acumular información que los análisis fisicoquímicos no llegan a detectar, por ello se puede reflejar el nivel de contaminación ambiental y por último simplifica y reduce de costos por la selección minuciosa de algunas especies (Pinilla, 2000).

Su principal uso que se le ha dado es para la detección de contaminantes, tales como los metales pesados, materia orgánica, nutrientes (eutrofización), hidrocarburos, pesticidas, ácidos, bases y gases (Pinilla, 2000).

Las principales características de un buen indicador biológico deben ser las siguientes: fácil recolección y medición, debe tener relación con el efecto que desea indicar, comportamiento moldeable o predecible, información ecológica y biológica del indicador, identificación taxonómica al nivel de especie, comparable en situaciones y sistemas similares (Pinilla, 2000).

Dependiendo a qué nivel se encuentre la investigación se puede determinar distintos parámetros en los bioindicadores. A nivel bioquímico, se puede determinar la concentración de hormonas y esteroides, cambios en la relación RNA/DNA, fragilidad de la membrana lisosómica y la hematología; a nivel fisiológico, se puede determinar el crecimiento orgánico, balance de nitrógeno y tasas de alimentación; a nivel poblacional, se puede determinar el crecimiento poblacional, tasas de natalidad y mortalidad, abundancia y densidad; a nivel comunitarios, se puede determinar la riqueza, diversidad e índices bióticos (Pinilla, 2000)

#### **1.4.7 Parámetros de calidad del agua**

La medición de los parámetros de calidad nos da la información de las propiedades químicas y físicas del agua. Sus análisis son rápidos y los datos requieren una interpretación. Los parámetros que se usualmente se miden es el nivel de oxígeno (OD, DBO, DQO), eutrofización ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ , ortofosfatos), características físicas (temperatura, SST, TDS, pH), aspectos de salud (coliformes totales y fecales) (Samboni, Carvajal y Escobar, 2007) y la presencia de metales nocivos para la salud.

*Temperatura:* La radiación solar determinar la calidad, cantidad de luz y la temperatura del agua, por lo que los organismos que toleran cambios de temperatura muy estrechos se denominan estenotermos y por el contrario los que soportan cambios más amplios de denominan euritermos (Roldán, 2003). La localización del fitoplancton en un determinado lugar depende de la temperatura, salinidad y densidad de las masas, Además, la abundancia del fitoplancton está en función de la temperatura del recurso hídrico y la riqueza en las sales nutritivas (Des Abbayes et al.,1989).

*pH:* El pH del recurso hídrico se da por el equilibrio carbónico y a la actividad de los microorganismos que se encuentren en dicho ecosistema. La disolución de CO<sub>2</sub>, carbonatos e insolubilización de bicarbonatos alteran el pH de cualquier agua. Por otro lado, si ingresa una sustancia acida al cuerpo, lo acidifica. Los ácidos húmicos también acidifican al componente, dándose por la mineralización de la materia orgánica. En cualquiera de los casos el valor del pH en aguas superficiales se da en un rango de 6.5 a 8.5, por otro lado, en los embalses y lagos, el valor varía según la dinámica termina y las características fisicoquímicas del cuerpo de agua. Por el contrario, el valor del pH en agua residuales poder variar en función a las actividades que se practiquen (Marín, 2020)

Por otro lado, los metales también es un parámetro importante de la calidad del agua y por ello es necesario tener en cuenta la biodisponibilidad que presenten porque se sitúan junto a los factores abióticos y bióticos, siendo responsable de la toxicidad de estos en el ecosistema acuático (Maldonado, Solé, Puyen y Estive, 2011). Por ejemplo, las especie *Gomphonema* del grupo taxonómico Bacillariophyta y *Navicula* del grupo taxonómico Ochrophyta, son unos bioindicadores de la presencia de metales pesados en el recurso hídrico (Velázquez, Israde y Mendoza, 2006)



## **1.5 Formulación del problema**

¿La diversidad fitoplanctónica será bioindicador de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018?

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Determinar la biodiversidad como objetivo de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Identificar los grupos taxonómicos de fitoplancton y los parámetros de calidad por ecosistema acuático de Piura entre los años 2013-2018.
- Sistematizar la composición fitoplanctónica en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.
- Realizar mapa de distribución de los diversos grupos taxonómicos de los ecosistemas acuáticos en Piura, según los estudios realizados entre los años 2013-2018.
- Analizar la influencia de los grupos taxonómicos del fitoplancton con los parámetros de calidad en ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.

## **1.7 Hipótesis**

### **1.7.1 Hipótesis General**

La diversidad fitoplanctónica es un bioindicador de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

La investigación fue del tipo documental y descriptiva, ya que en la presente investigación se sistematizó la información de diversos estudios de fitoplancton y parámetros de calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018, centrándose en la comprobación de la hipótesis, determinando las causas para comprender el contexto e importancia.

### **2.2. Diseño de investigación**

El presente estudio adoptó un diseño de la investigación no experimental-descriptiva porque se basó en la recopilación de información y no en la experimentación. Asimismo, el diseño es transeccional-correlacional ya que se describe la relación entre variables.

### **2.3. Población y muestra**

#### **2.3.1. Población**

Arias, Miranda y Villasís (2016) mencionan que la población de estudio es un conjunto limitado que formará la base para la elección de la muestra, con el cual se obtendrá los resultados de la investigación. Por esta razón, la población del presente estudio está compuesta por los ecosistemas acuáticos de Piura, ya que el fitoplancton es un organismo de vida acuática.

### **2.3.2. Muestra**

Arias (2012) la muestra es el subconjunto limitado, el cual representa la población accesible. Por lo que la muestra de la presente investigación está delimitada por 10 ecosistemas acuáticos, identificados de diferentes investigaciones recopiladas, las cuales fueron seleccionadas bajo los siguientes criterios:

- Lugar de estudio: las investigaciones fueron realizadas en el departamento de Piura.
- Año de estudio: el cual el rango de tiempo deber ser entre 2013 – 2018.
- Hallazgo de grupos taxonómicos en un ecosistema acuático: identificación de grupo(s) taxonómico en el ecosistema acuático analizado.
- Análisis de parámetros de calidad en un ecosistema acuático: priorizando datos de los parámetros temperatura y pH.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **2.4.1. Recolección de datos**

La recolección de datos se basó en la revisión de varias fuentes de información primarias (investigaciones) que abordan el tema de la presente investigación.

### **2.4.2. Técnicas de recolección de datos**

#### **a. Revisión documental**

Según Baena (2017), la revisión documental es el análisis de datos que fueron elaborados por otros autores, esta técnica se utilizó para esta investigación, la cual, se basó en la revisión de 11 fuentes de información primarias (investigaciones) que abordan el presente tema de investigación.

### **2.4.3. Instrumentos de recolección de datos**

#### a. Matriz de consistencia

Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez (2014) mencionan que la matriz de consistencia es un instrumento que nos permitió verificar el avance de los procedimientos de la investigación, el cual nos permitió corroborar la conexión y coherencia entre el presente título, problema, objetivos, hipótesis, variables, tipo de método, diseño e instrumentos de investigación, población y muestra. (Ver Anexo 1)

#### b. Lista de verificación

La lista de verificación es un listado de control el cual estaba constituido por ítems de revisión (título, año de estudio, grupo taxonómico de fitoplancton, parámetros fisicoquímicos y criterios aplicados), lo cual es importante al seleccionar las investigaciones para el presente estudio, bajo los criterios de selección descritos en el punto 2.3.2, de esta manera la lista de verificación se utilizó para analizar posteriormente los datos de cada investigación recopilada, de manera ordenada y sistemática. (Ver Anexo 2)

### **2.4.4. Materiales**

- Laptop

El presente material fue utilizado como medio de búsqueda de la información en las diferentes bases de fuente.

- Internet

El internet es una red informática de manera mundial, el cual alberga diversas informaciones para compartirlas entre todos los usuarios.

- Útiles de escritorio

Los útiles de escritorios son los objetos que se utilizaron para la recolección y ordenamiento de información. Tales como la agenda, para la organización del trabajo que se realizó; las notas adhesivas, para la recolección de datos importantes y los lapiceros o lápices, para el apunte en general.

## **2.5. Procedimiento**

### **2.5.1. Identificación de los grupos taxonómicos de fitoplancton y parámetros de calidad en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018**

Mediante la técnica de revisión documental, se indagaron las investigaciones que fueron realizadas en el departamento de Piura entre los años 2013-2018, enfocándonos en la identificación de ecosistemas acuáticos, tipos de grupos taxonómicos y parámetros de calidad en diferentes ecosistemas acuáticos. Luego de esto, se procedió con utilizar una lista de verificación (Ver anexo 1) para determinar los datos más importantes como los grupos taxonómicos identificados, parámetros de calidad analizados y el año de cada investigación.

### **2.5.2. Sistematización de la composición taxonómicos del fitoplancton presentes en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018**

Con ayuda del software Excel se realizó la sistematización de datos, con el uso de gráficos circulares, de barras, entre otras, para ordenar datos como la composición fitoplanctónica de los diferentes ecosistemas acuáticos, basándonos en la riqueza de especies.

### 2.5.3. Elaboración del mapa de distribución de diversos grupos taxonómicos en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018

La distribución espacial de cada grupo taxonómico se elaboró en base a la sistematización realizada de los diferentes ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018. Los datos obtenidos se ingresarán en el software de ArcGIS versión 9.1. Cada grupo taxonómico se presentó con una codificación presentada en la tabla 2, para facilitar la realización del mapa de distribución.

**Tabla 1:**

*Tabla de codificación por grupo taxonómico*

CODIFICACION	GRUPO TAXONOMICO
GTF-1	Cyanophyta
GTF-2	Euglenophyta
GTF-3	Pyrrhophyta
GTF-4	Xanthophyta
GTF-5	Bacillariophyta
GTF-6	Chlorophyta
GTF-7	Chrysophyta
GTF-8	Haptophyta
GTF-9	Charophyta
GTF-10	Ochrophyta

La codificación GTF significa ‘Grupo Taxonómico del Fitoplancton’, de esta manera está enumerado hasta el 10, porque son 10 grupos los grupos taxonómicos identificados.

### 2.5.4. Análisis de la influencia de los grupos taxonómicos del fitoplancton con los parámetros de calidad

Para poder realizar el análisis de la influencia de los grupos taxonómicos del fitoplancton en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018, se procedió a

revisar la lista de verificación utilizada, para identificar los parámetros que coinciden en todas las investigaciones. Luego con el apoyo de un software estadístico, se realizó el análisis de varianza y comparaciones por el Método de Tukey entre grupos taxonómicos de fitoplancton y los parámetros de calidad.

## **2.6. Análisis de datos**

### **2.6.1. Analítico de datos cualitativo**

Hernández, Fernández y Baptista (2014) menciona que es un proceso por el cual se buscan datos que fueron recogidos para el conocimiento e información, simplificando el análisis y la interpretación de los resultados de la información que se recopiló en base a los documentos seleccionados.

### **2.6.2. Análisis estadístico**

Hernández, Fernández y Baptista (2014) menciona que es un proceso donde los datos nos sirvieron para generar patrones, tendencia o relaciones. De esta manera se obtuvieron conclusiones válidas a partir del análisis de los datos cualitativo, donde se procesa dicha información a través de representaciones gráficas.

## **2.7. Aspectos éticos**

En el desarrollo de la investigación se han respetado los principios fundamentales éticos universales: respeto por las personas, beneficencia y justicia, siguiendo los pasos correspondientes. Además, la investigación fue realizada de forma transparente y reconociendo la autoría de las investigaciones en las que se basó la presente investigación. Se realizó la búsqueda de datos en fuentes confiables, las cuales tenían solvencia académica.

## CAPITULO III. RESULTADOS

### 3.1 Identificación de grupos taxonómicos y parámetros de calidad

#### 3.1.1. Identificación de ecosistemas acuáticos

Se identificaron los ecosistemas acuáticos, los cuales pertenecen a la muestra de la presente investigación. Como se observa en la tabla 2, se cuenta con 10 ecosistemas acuáticos, los cuales se encuentran ubicados en el departamento de Piura.

**Tabla 2:**

*Identificación de ecosistema acuático por investigación*

INVESTIGACION	ECOSISTEMA ACUÁTICO
I-1	Laguna Los Patos
I-2	Planta de tratamiento de agua potable Curumuy y el canal Daniel Escobar
I-3	Litoral marino de Piura
I-4	Litoral marino de Piura
I-5	Represa Poechos
I-6	Litoral marino de Piura
I-7	Caleta Los Órganos
I-8	Bahía de Sechura
I-9	Manglar San Pedro
I-10	Ríos del distrito Canchaque, Huancabamba y Piura



### 3.1.2 Identificación de grupos taxonómicos

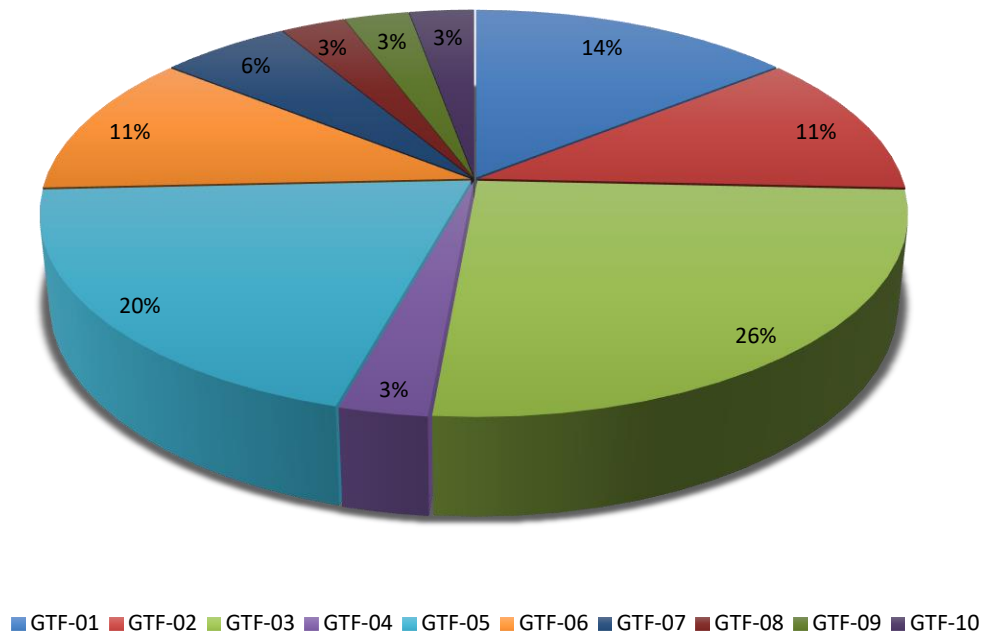
Se identificaron los grupos taxonómicos de fitoplancton en cada investigación (Ver tabla 3). Los que presentaron mayor diversidad fueron las investigaciones I-1 y I-9 con 6 grupos taxonómicos. Por otro lado, los que presentaron menor diversidad fueron las investigaciones I-3, I-4 e I-5 con 1 grupo taxonómico en cada uno.

**Tabla 3:**  
*Identificación de grupo taxonómico por investigación*

CODIGO INVESTIGACIÓN	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	I-10
GTF-1	x	x					x		x	x
GTF-2	x	x					x			x
GTF-3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GTF-4	x									
GTF-5	x	x				x	x	x	x	x
GTF-6	x	x							x	x
GTF-7						x	x			
GTF-8						x				
GTF-9									x	
GTF-10									x	

La codificación GTF significa ‘Grupo Taxonómico del Fitoplancton’, de esta manera está enumerado hasta el 10, porque son 10 grupos los grupos taxonómicos identificados. La codificación I, significa ‘Investigación’, de esta manera se enumera hasta el 10 por que son 10 investigaciones.

En la figura 1, se observa los grupos taxonómicos de fitoplancton (codificados) en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013 y 2018, donde el grupo taxonómico que predominó fue GTF-03 con 26%, seguido de GTF-5 con 20%. Por otro lado, los grupos taxonómicos que predominaron en menor porcentaje fueron GTF-8, GTF-9, GTF-10 y GTF-4 con 3% cada uno.



**Figura 1: Gráfico de identificación de grupos taxonómicos**

### 3.1.3 Identificación de parámetros de calidad de los ecosistemas acuáticos

Se identificaron los parámetros de calidad en cada investigación (Ver tabla 4), donde las investigaciones I-4 e I-5 no presentaron ningún parámetro de calidad. Por el contrario, las investigaciones I-3, I-8 e I-9 presentaban solo el parámetro temperatura y las investigaciones I-1, I-2, I-6, I-7 e I-10 presentaban parámetros como temperatura y pH.

**Tabla 4:**

*Tabla de identificación de parámetros de calidad*

PARÁMETRO DE CALIDAD INVESTIGACIÓN	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	I-10
Temperatura	x	x	x	-	-	x	x	x	x	x
pH	x	x		-	-	x	x			x

La codificación I, significa ‘Investigación’, de esta manera se enumera hasta el 10 por que son 10 investigaciones.

Como se muestra en la figura 2, se identificaron los parámetros de calidad con mayor frecuencia en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018, contando la temperatura con un 62% y el pH con un 38%.

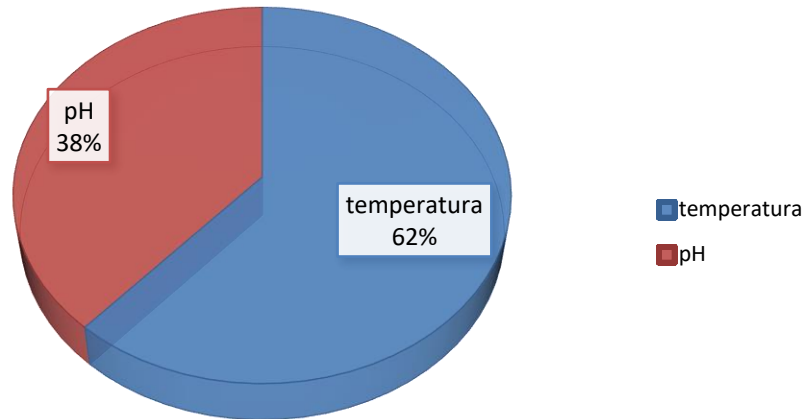


Figura 2: Gráfico de identificación de parámetros en los ecosistemas acuáticos

En la figura 3 se observa la mayor frecuencia de años en donde se realizaron las investigaciones que se analizaron, siendo el 2015 el más representativo (42%), seguido del año 2013 (25%). Los años de estudio con menos frecuencia se presenta en el 2016 (8%) y 2017(8%).

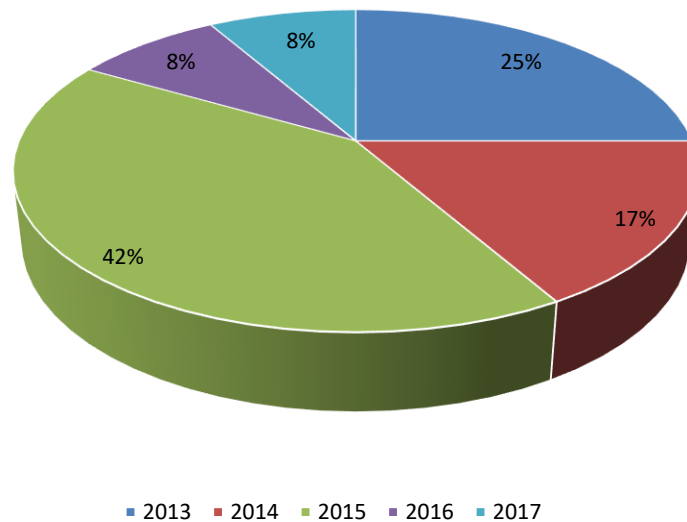


Figura 3: Gráfico de frecuencia de año de estudio en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.

### 3.2 Sistematización de la composición taxonómica del fitoplancton

En la tabla 5, se observa el N.º de especies por grupo taxonómico de fitoplancton, donde la investigación I-7 presentó 165 especies en su estudio, siendo el de mayor cantidad. Los de menor cantidad de especies son las investigaciones I-4 e I-3 con 1 especie.

**Tabla 5:**

*Tabla de resultados de N.º de especies por investigación*

Investigación	N.º Especies
I-1	65
I-2	54
I-3	1
I-4	1
I-5	3
I-6	103
I-7	165
I-8	10
I-9	128
I-10	107

En la figura 4, se observa que la investigación I-7 tiene un mayor número de especies a comparación de las otras investigaciones, la tendencia baja con la investigación I-8, sin embargo, sube con la investigación I-9 con 128 especies.

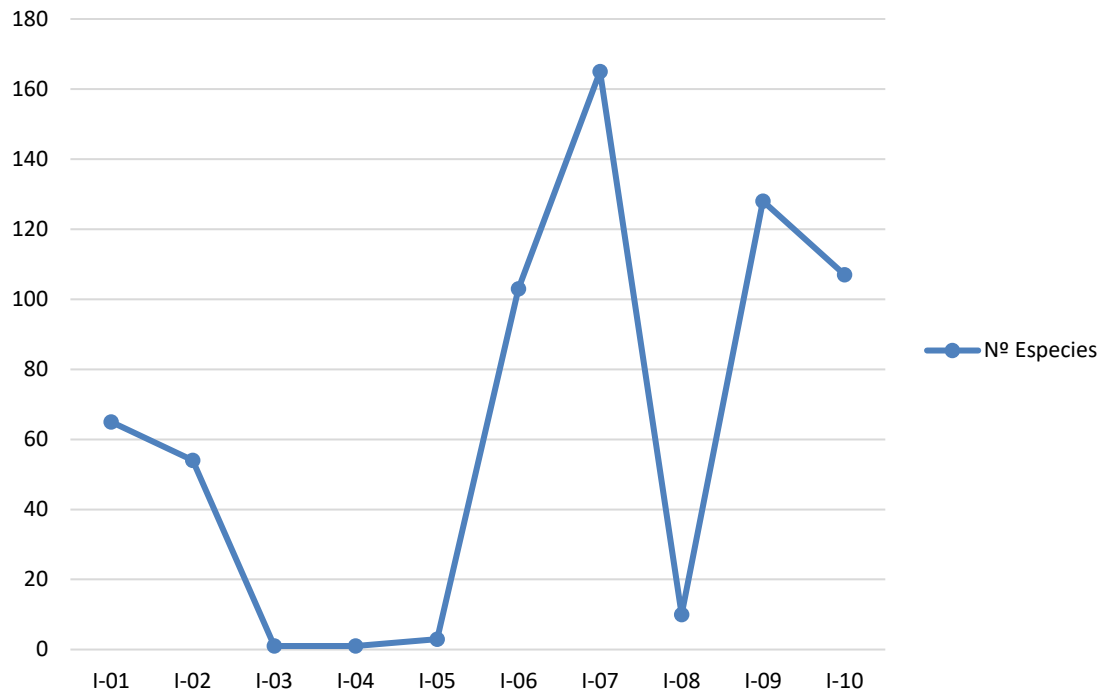


Figura 4: Gráfico de N.º de especie por investigación

### 3.2.1 Sistematización de la investigación ‘I-1’

En la investigación que realizaron en la laguna de Los Patos, el cual es un ecosistema acuático lótico, se observa en la tabla 6 que se hallaron 6 grupos taxonómicos: GTF-1, GTF-2, GTF-3, GTF-4, GTF-5 y GTF-6. Los estudios lo realizaron entre los meses de marzo del 2013 hasta febrero del 2014.

**Tabla 6:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-1'*

Mes	N.º de especies					
	GTF-1	GTF-2	GTF-3	GTF-4	GTF-5	GTF-6
Mar-13	7	9	0	1	12	3
Abr-13	8	7	0	1	14	3
May-13	5	9	0	1	11	5
Jun-13	4	11	1	1	18	6
Jul-13	5	11	2	1	18	4
Ago-13	5	8	1	1	18	4
Set-13	4	4	0	0	12	4
Oct-13	7	4	0	1	14	4
Nov-13	4	7	1	1	14	4
Dic-13	4	3	0	0	14	5
Ene-14	7	4	0	1	18	5
Feb-14	5	3	0	1	19	5

El estudio lo realizaron entre marzo del 2013 y febrero del 2014.

En la figura 5, se observan los parámetros de calidad que se analizaron en la laguna Los Patos, donde registraron la temperatura más alta en julio del 2013 con 25°C y la temperatura más baja fue en junio del 2013 con 17°C.

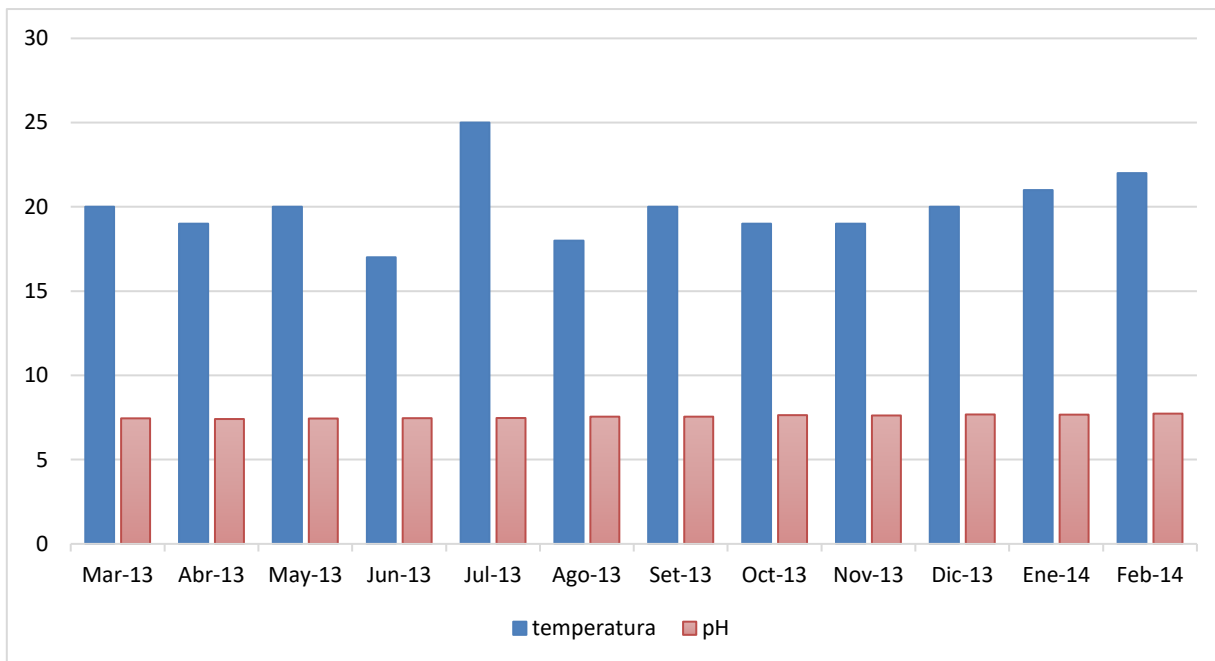


Figura 5: Gráfico de parámetros de calidad (temperatura - pH)

### 3.2.2 Sistematización de la investigación ‘I-2’

En la tabla 7, se observa que en la investigación que realizaron en el canal Daniel Escobar y en la planta de tratamiento de agua potable Curumuy (ecosistema acuático lotico) se analizaron los grupos taxonómicos que hallaron. Los grupos taxonómicos que estuvieron presentes fueron el GFT-6, GFT-5, GFT-1, GFT-1 y GFT-3.



**Tabla 7:**

*Tabla de resultados de riqueza de especies de la investigación 'I-2'*

MES	N.º especies				
	GFT-6	GFT-5	GFT-1	GFT-2	GFT-3
Ene-13	9	7	3	3	2
Feb-13	7	4	4	0	1
Abr-13	15	11	5	2	1
May-13	18	16	5	1	2
Jun-13	21	12	7	1	2

Los datos resaltados son de enero a junio del 2013.

En la figura 6, se observa el gráfico de parámetros de calidad del canal Daniel Escobar y la planta de tratamiento de agua potable Curumuy. La temperatura más alta que registraron fue de 27.5 °C en el mes de febrero del 2013 con un pH de 7.5. La temperatura más baja registrada fue en el mes de junio del 2013 con 23.3°C y 7.5 de pH.

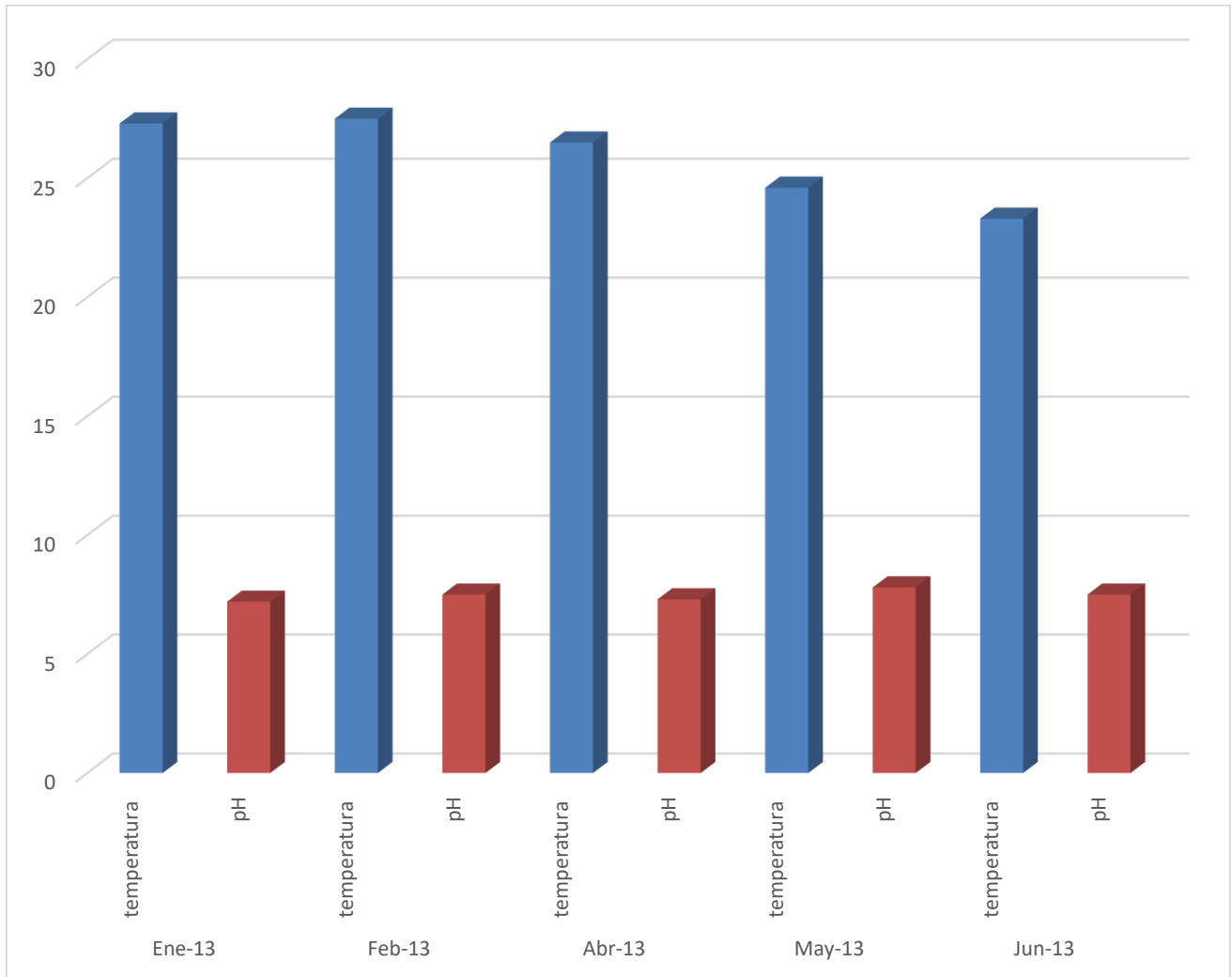


Figura 6: Gráfico de parámetros de calidad del estudio que realizaron en el canal Daniel Escobar y la Planta de tratamiento de agua potable Curumuy.

### 3.2.3 Sistematización de la investigación ‘I-3’

El estudio que realizaron en el litoral de Máncora, ecosistema acuático lotico, obtuvieron resultados de solo un grupo taxonómico: GTF-3. Dicho estudio fue realizado en el mes de julio del 2013.

**Tabla 8:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-3'*

MES	N.º ESPECIE
	GFT-3
Jul-13	1

### 3.2.4 Sistematización de la investigación 'I-6'

La investigación presentaba 4 grupos taxonómicos: GFT-5, GFT-3, GTF-7 y GTF-8. El tiempo de estudio estaba comprendido por los meses de mayo, junio y julio del 2015 en 3 puntos.

a. Punto de monitoreo P1

En la tabla 9 se observa el número de especie en el litoral de Piura del punto 1, donde el predominante es el GTF-5.

**Tabla 9:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-6', P1*

MES	NºESPECIES			
	GFT-5	GTF-3	GTF-7	GTF-8
May-15	17	21	0	0
Jun-15	27	14	2	0
Jul-15	25	16	0	0

En la figura 7, se encuentran los parámetros de calidad del P1. Siendo en junio del 2015 la temperatura más baja registrada con 22.7°C y en julio del 2015 se registró la temperatura más alta con 26.3°C.

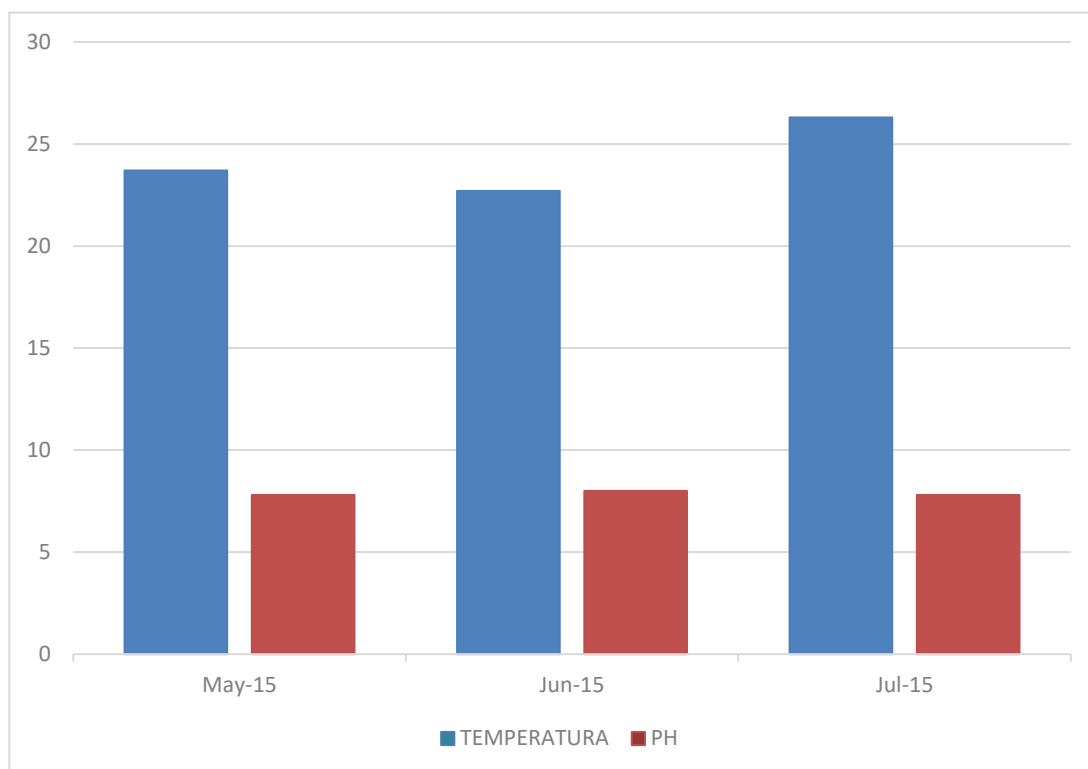


Figura 7: Parámetros de calidad en la Caleta Los Órganos de mayo a julio- 2015, P1.

b. Punto de monitoreo P2

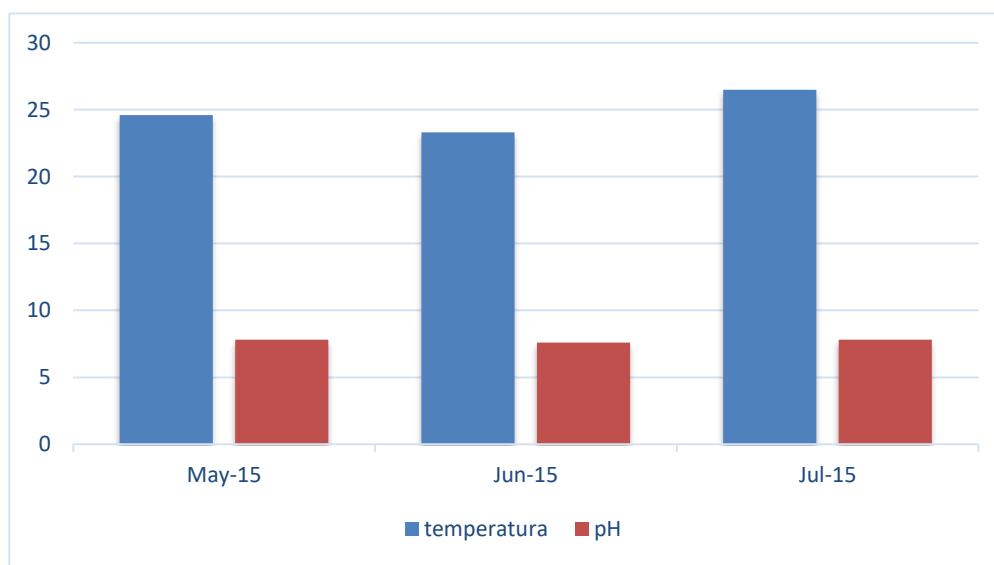
En la tabla 10, se observa la tabla de número de especies por grupo taxonómico del P2. Siendo GTF-05 el que tiene mayor cantidad a comparación de GTF-7 y GTF-8 que no se presenciaron.

**Tabla 10:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-6', P2*

MES	N.º Especies			
	GTF-5	GTF-3	GTF-7	GTF-8
May-15	14	16	0	0
Jun-15	21	14	0	0
Jul-15	23	12	0	0

En la figura 8, se observa los parámetros de calidad del P2. Registrándose en julio del 2015 la más alta temperatura con 26.5°C y en junio del 2015 la temperatura más baja con 23.3°C. Por otro lado, en junio registraron el valor más bajo de pH con 7.6.



**Figura 8: Parámetros de calidad en la Caleta Los Órganos de mayo a julio- 2015, P2.**

c. Punto de monitoreo P3

En la tabla 11, se observa la tabla de número de especies del punto de monitoreo P3. Siendo GTF-3 el que tiene mayor cantidad a comparación de GTF-7 y GTF-8 que no se presenciaron.

**Tabla 11:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-6', P3*

MES	NºESPECIES			
	GTF-5	GTF-3	GTF-7	GTF-8
May-15	9	13	0	0
Jun-15	17	15	0	0
Jul-15	18	14	0	0

En la figura 9, se observa la tabla de los parámetros de calidad del P3. Registrándose en julio del 2015 la más alta temperatura con 26.6°C y en junio del 2015 la temperatura más baja con 23.8°C. Por otro lado, en junio registraron el valor más bajo de pH con 7.5 y el más alto en julio con 7.8.

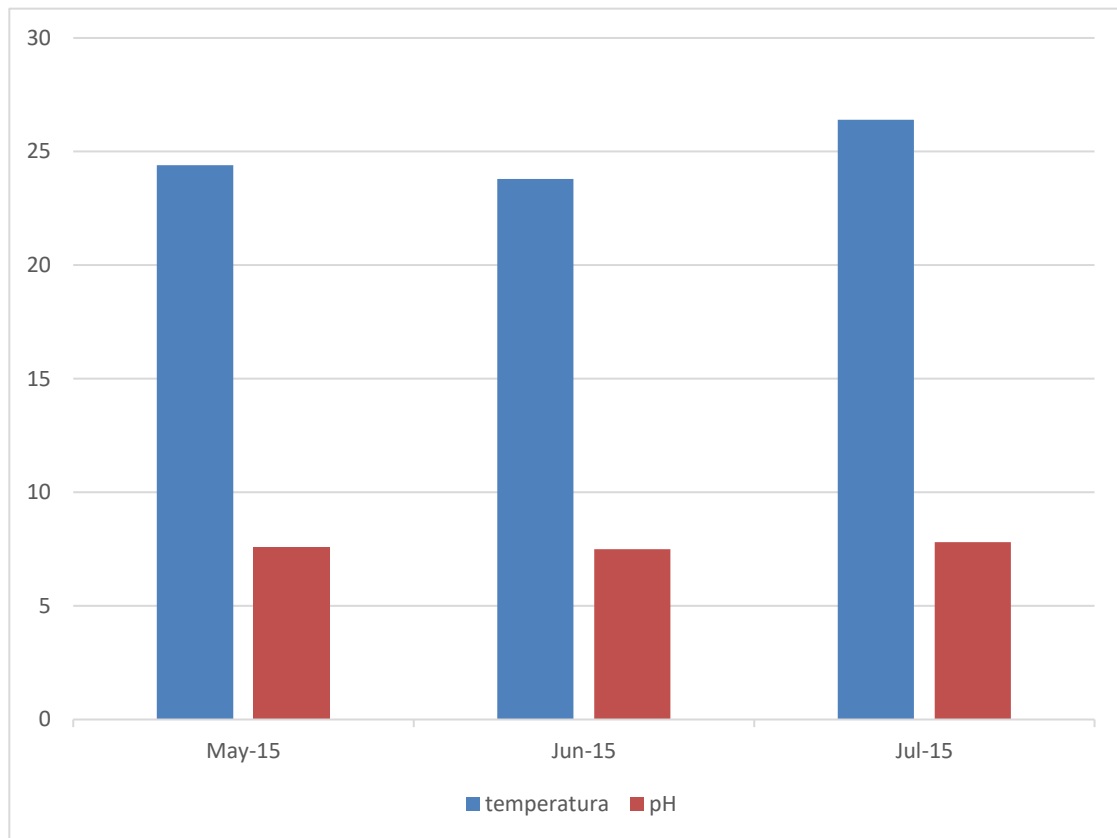


Figura 9: Parámetros de calidad en la Caleta Los Órganos de mayo a julio- 2015, P3.

### 3.2.5 Sistematización de la investigación ‘I-7’

En la caleta Los Órganos - Talara, como se observa en la tabla 12, la investigación halló 5 grupos taxonómicos: GFT-5, GFT-3, GFT-7, GTF-2 y GFT-1. El estudio lo realizaron entre enero del 2015 hasta julio del 2015.

**Tabla 12:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-7'*

MES	N.º ESPECIES				
	GFT-5	GFT-3	GFT-7	GTF-2	GFT-1
Ene-15	35	43	1	1	1
Feb-15	51	41	1	1	1
Mar-15	48	48	1	0	1
May-15	56	23	2	0	0
Jun-15	42	34	1	0	0
Jul-15	54	25	2	0	1

Estudio que realizaron entre enero 2015 y julio 2015.



Como se observa en la figura 10, en el mes de abril no realizaron monitoreo. Además, registraron las temperaturas más altas en el mes de febrero del 2015 con 26.2°C y en marzo del 2015 con 26.3°C. Con respecto al pH se observa que el valor más alto lo registraron en el mes de julio del 2015 con 8.04 y el valor más bajo 7.54 en el mes de marzo del 2015.

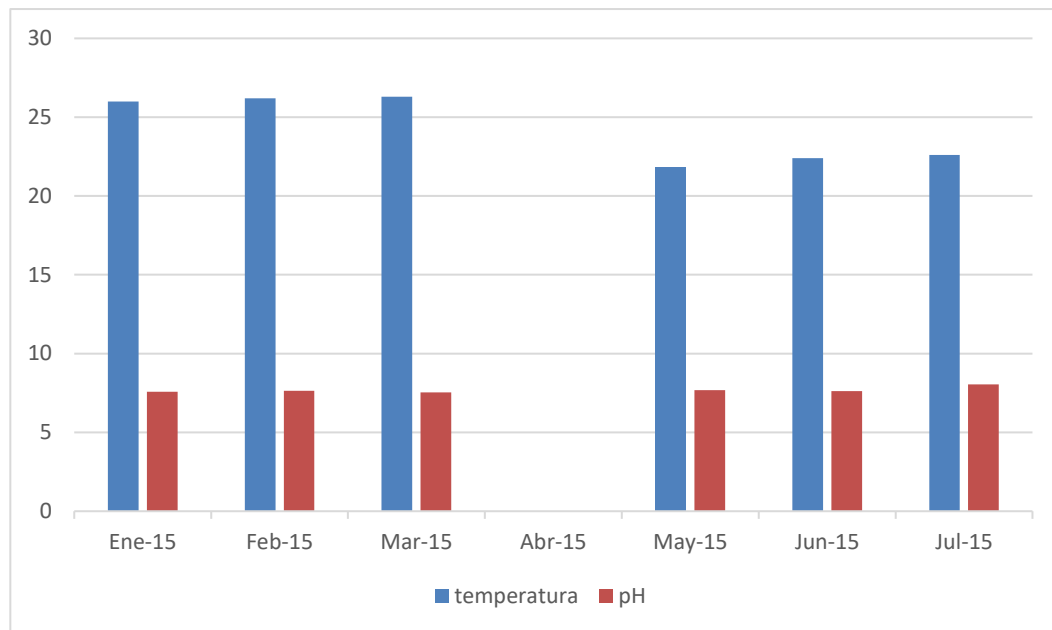


Figura 10: Gráfico de parámetros de calidad en el litoral marino de Piura en el año 2015

### 3.2.6 Sistematización de la investigación ‘I-8’

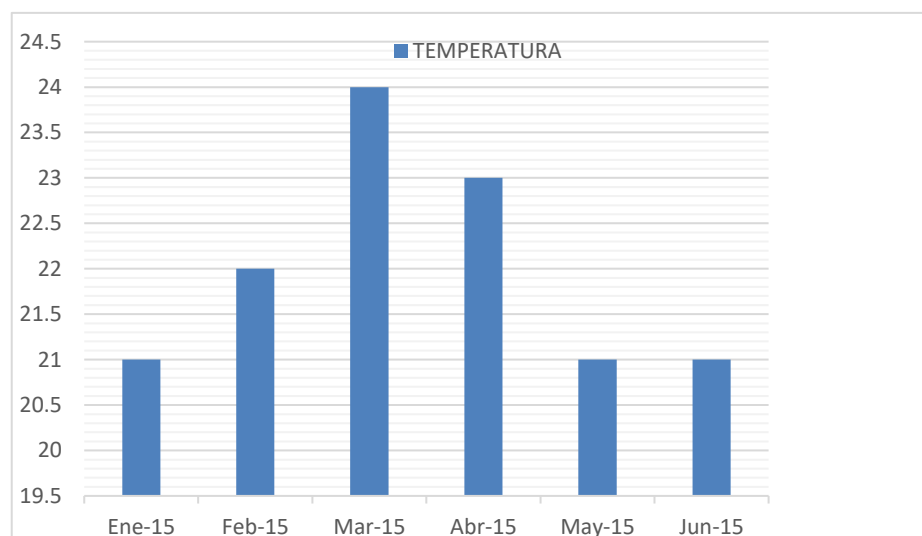
En la investigación de la bahía de Sechura, como se observa en la tabla 13, hallaron 2 grupos taxonómicos de fitoplancton: GFT-5y GTF-3. El estudio lo realizaron en entre enero del 2015 y junio 2015.

**Tabla 13:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-8'*

MES	N.º ESPECIES	
	GFT-5	GFT-3
Ene-15	2	5
Feb-15	1	2
Mar-15	1	1
Abr-15	2	3
May-15	2	5
Jun-15	2	4

En la figura 11, se aprecia los resultados de los parámetros de calidad que se hallaron en la bahía de Sechura, donde se observa que la temperatura más alta la registraron en el mes de marzo con 24°C y la temperatura más baja la registraron en los meses de enero, mayo y junio con 21°C.



**Figura 11: Grafico de parámetro de calidad en la Bahía de Sechura de enero a junio del 2015.**

### 3.2.7 Sistematización de la investigación ‘I-9’

En la presente investigación, como se observa en la tabla 14, se identificaron 6 grupos taxonómicos de fitoplancton. Estas fueron: GFT-5, GFT-9, GFT-6, GFT-1, GFT-03 y GFT-10. El estudio lo realizaron de enero hasta octubre del 2015.

**Tabla 14:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación ‘I-9’*

MES	Nº ESPECIES					
	GFT-5	GFT-9	GFT-6	GFT-1	GFT-3	GFT-10
Ene-15	48	3	1	3	16	1
Feb-15	48	3	1	3	16	1
Mar-15	56	2	1	5	13	2
Abr-15	56	22	1	5	13	2
May-15	56	2	1	5	13	2
Jun-15	67	3	2	4	16	3
Jul-15	67	3	2	4	16	3
Ago-15	67	3	2	4	16	3
Set-15	49	3	2	3	5	3
Oct-15	49	3	2	3	5	3

En la figura 12, se observa el parámetro de calidad registrado, donde la temperatura muestra el valor más alto en el mes de marzo del 2015 con 30.2°C y el valor más bajo en el mes de enero con 22.8°C.

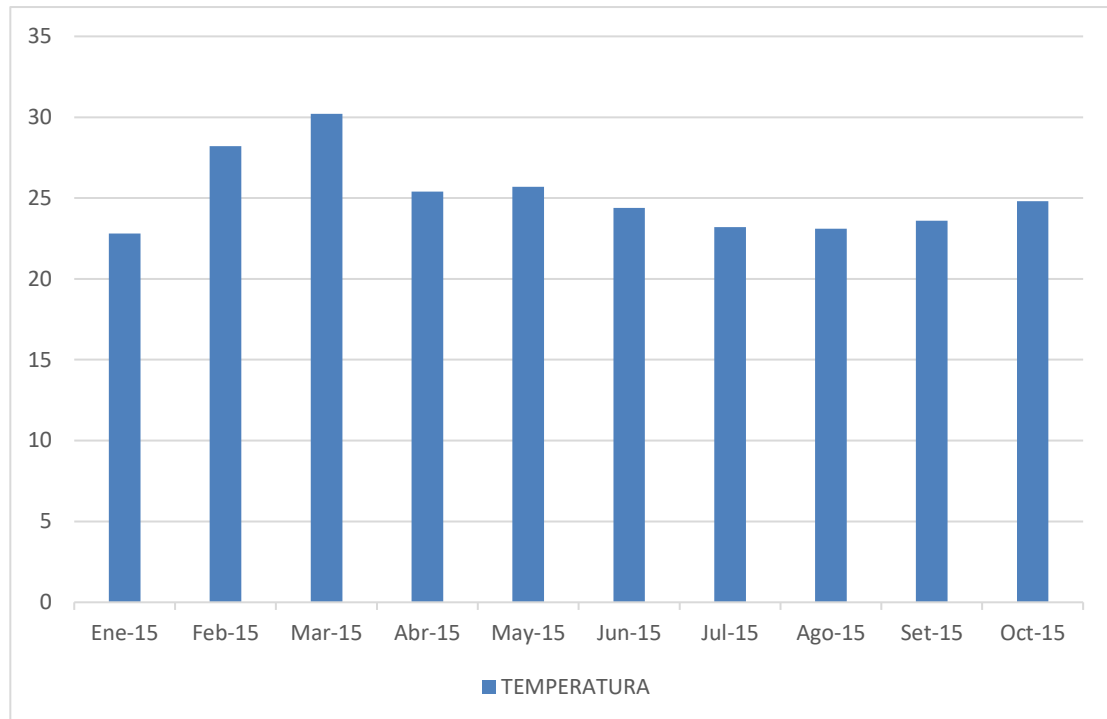


Figura 12: Gráfico de la temperatura en el manglar de San Pedro de enero a octubre 2015.

### 3.2.8 Sistematización de la investigación ‘I-10’

En el distrito Canchaque, Maraypamba, Coyona y Los Ranchos, realizaron estudios en los ríos de cada uno, ecosistemas acuáticos lóticos. Donde se hallaron 4 grupos taxonómicos: GFT-1, GFT-6, GFT-2 y GFT-5. Los estudios se realizaron de febrero a julio del 2015.

a. Canchaque

En la tabla 15 se observa la riqueza de especies en el río del distrito Canchaque, el cual GTF-5 tiene mayor número, seguido de GTF-06.

**Tabla 15:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación ‘I-10’, Canchaque*

MES	N.º ESPECIES			
	GTF-1	GTF-6	GTF-2	GTF-5
Feb-15	7	13	3	43
Mar-15	7	10	0	43
Abr-15	9	4	3	40
May-15	5	5	0	41
Jun-15	2	1	0	19
Jul-15	5	5	1	30

En la figura 13, se observan los parámetros de calidad, donde registraron que la temperatura más alta fue en el mes de febrero del 2015 con 28.4°C y la más baja en junio del 2015 con 18.5°C. Con respecto al pH, el valor más alto lo registraron en el mes de junio con 8.4 y el valor más bajo fue en el mes de febrero con 7.33.

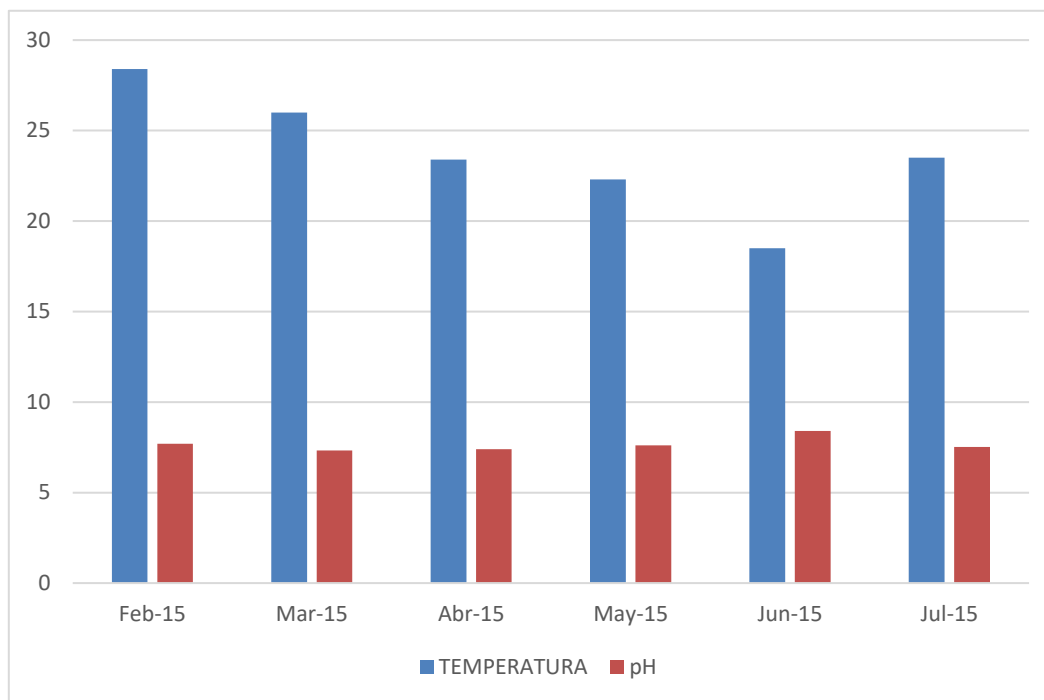


Figura 13: Parámetro de calidad del río Canchaque, febrero - julio 2015

#### b. Maraypampa

En la tabla 16 se observa el número de especies que hallaron en el río del distrito Maraypampa. Siendo el predominante el GTF-5, donde la temperatura más alta que registraron fue en junio del 2015 con 18.7°C y la más baja fue en mayo con 11.9°C.

**Tabla 16:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especie de la investigación 'I-10', Maraypampa*

MES	Nº ESPECIES			
	GTF-1	GTF-6	GTF-2	GTF-5
Feb-15	4	5	1	32
Mar-15	6	4	1	22
Abr-15	4	8	2	17
May-15	4	8	3	22
Jun-15	1	3	0	24
Jul-15	5	12	0	29

En la figura 14, se observa que el valor más bajo de pH fue registrado en el mes de junio del 2015 con 6.05 y el valor más alto registrado fue en marzo del 2015 con 8.45.

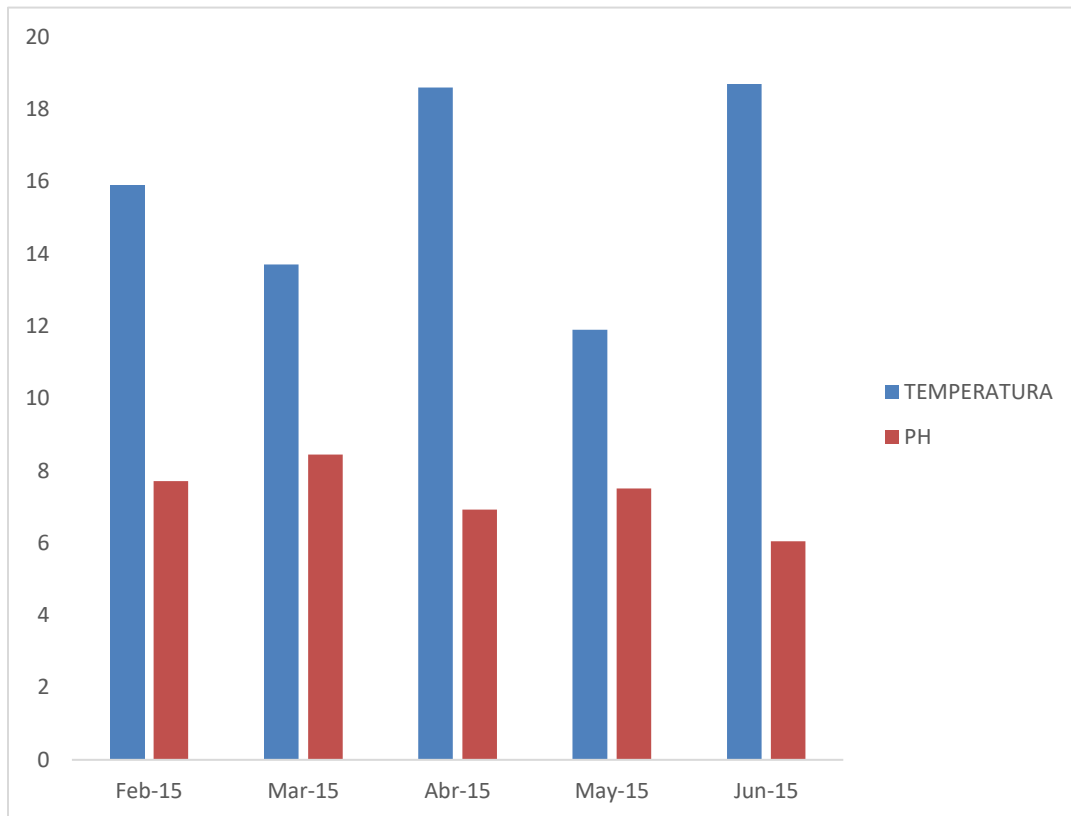


Figura 14: parámetros de calidad de Maraypampa, febrero- julio 2015.

### c. Coyona

En la tabla 17, se observa el número de especies en el río del distrito Coyona. Siendo GTF-5 con el mayor número de riqueza, seguido de GTF-6. Sin embargo, GTF-2 y GTF-3, presentan menor riqueza de especies.



**Tabla 17:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-10', Coyona*

MES	N.º ESPECIES			
	GTF-1	GTF-6	GTF-2	GTF-5
Feb-15	1	5	0	19
Mar-15	3	3	0	18
Abr-15	6	4	1	25
May-15	5	2	0	23
Jun-15	9	16	2	39
Jul-15	6	6	0	21

En la figura 15 se observa, que el valor más alto de la temperatura se registró en el mes de junio del 2015 con 21.1°C y el valor más bajo en el mayo del 2015 con 17.8°C.

Con respecto al pH, el valor más alto que registraron fue en el mes de febrero del 2015 con 6.8 y el valor más bajo fue en el mes de marzo con 6.05.

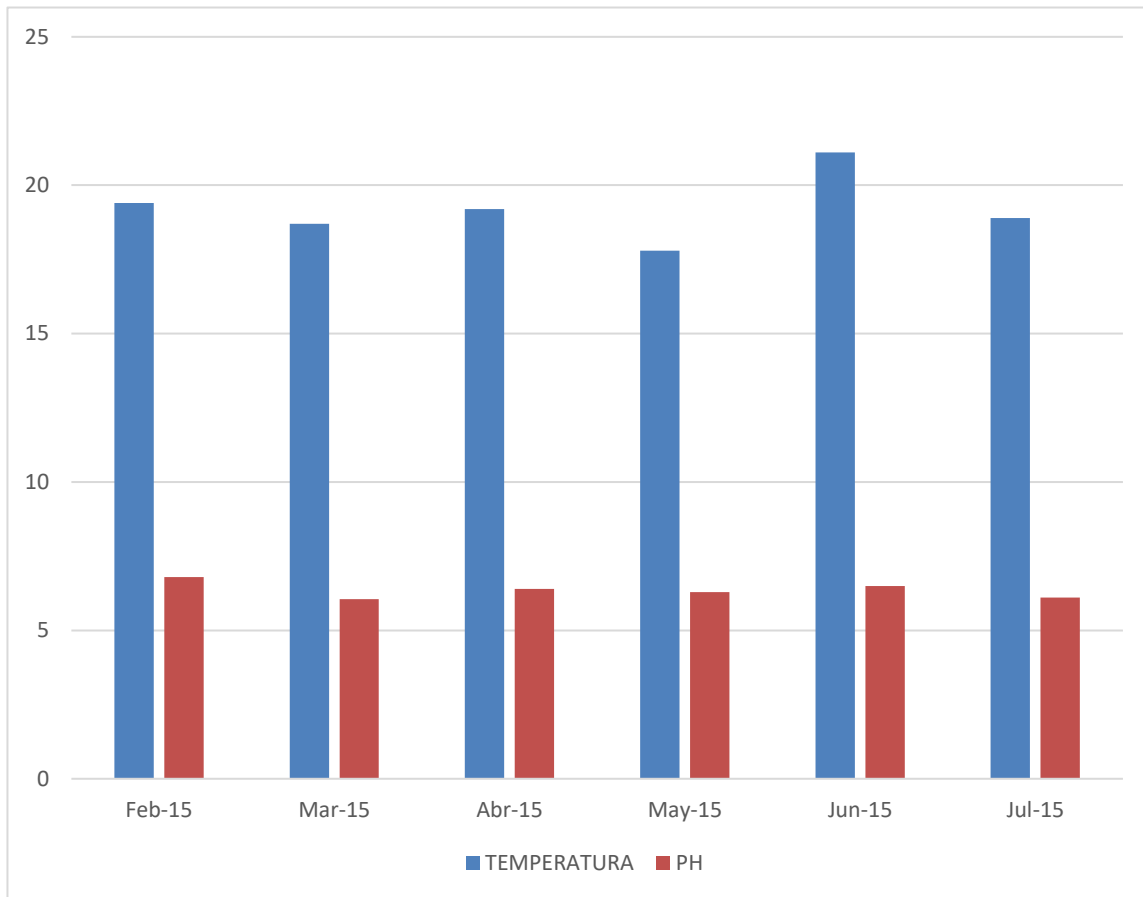


Figura 15: Parámetros de calidad del río Coyona, febrero-julio 2015

#### d. Los Ranchos

En la tabla 18, se observa el número de especies en el río del distrito Los Ranchos. Siendo GTF-5, el que presente mayor riqueza seguido de GTF-1. Por el contrario, los que presentaron menos riqueza fue GTF-2 y GTF-6.

**Tabla 18:**

*Tabla de resultados de la riqueza de especies de la investigación 'I-10', Los Ranchos*

MES	N.º ESPECIES			
	GTF-1	GTF-6	GTF-2	GTF-5
Feb-15	6	8	2	37
Mar-15	9	2	0	25
Abr-15	2	2	1	28
May-15	11	10	4	37
Jun-15	7	6	0	36
Jul-15	9	6	4	35

En la figura 16, se observa que el valor más alto de temperatura la registraron en el mes de mayo del 2015 con 25.7°C y el valor más bajo en mayo del 2015 con 18.2°C.

Con respecto al pH, como se observa en la figura 12, el valor más alto que registraron fue en el mes de marzo del 2015 con 7.24 y el valor más bajo fue en el mes de junio con 6.88.

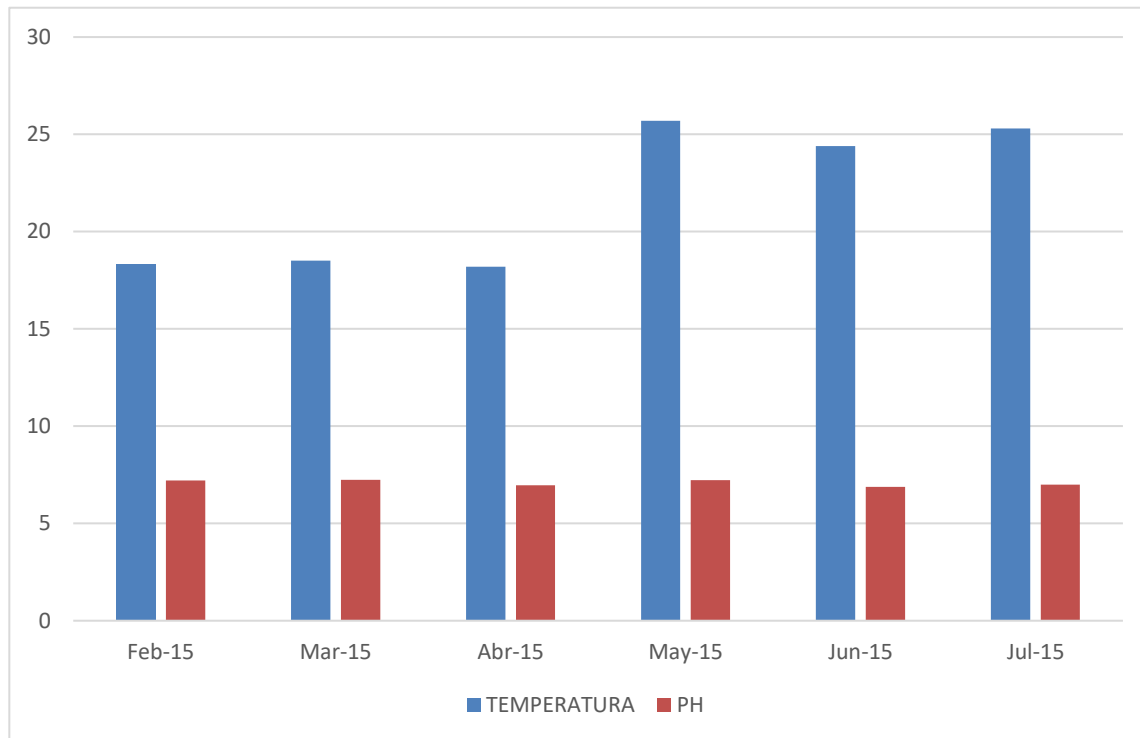


Figura 16: Gráfico de parámetros de calidad de Los Ranchos, febrero – julio 2015.

### 3.3. De la elaboración del mapa de distribución de los diversos grupos taxonómicos de fitoplancton

El mapa de distribución se realizó por cada grupo taxonómico, los cuales se encuentran codificados en la tabla 1 del procedimiento de esta investigación (Ver anexo 16-25).

En la figura 18, se observa el mapa de distribución del fitoplancton de los diversos grupos taxonómicos que se hallaron en las investigaciones. Fueron 10 lugares de análisis, donde la represa Poechos contaba solo con un grupo taxonómico GTF-3 (Pyrrophyta) en la investigación ‘I-5’. Por otro lado, en la laguna Los Patos contaba con 6 grupos taxonómicos, los cuales eran GTF-1 (Cyanophyta), GTF-2 (Euglenophyta), GTF-3 (Pyrrophyta), GTF-4 (Xantophyta), GTF-5 (Bacillariophyta) y GTF-6 (Chlorophyta) de la investigación ‘I-1’.

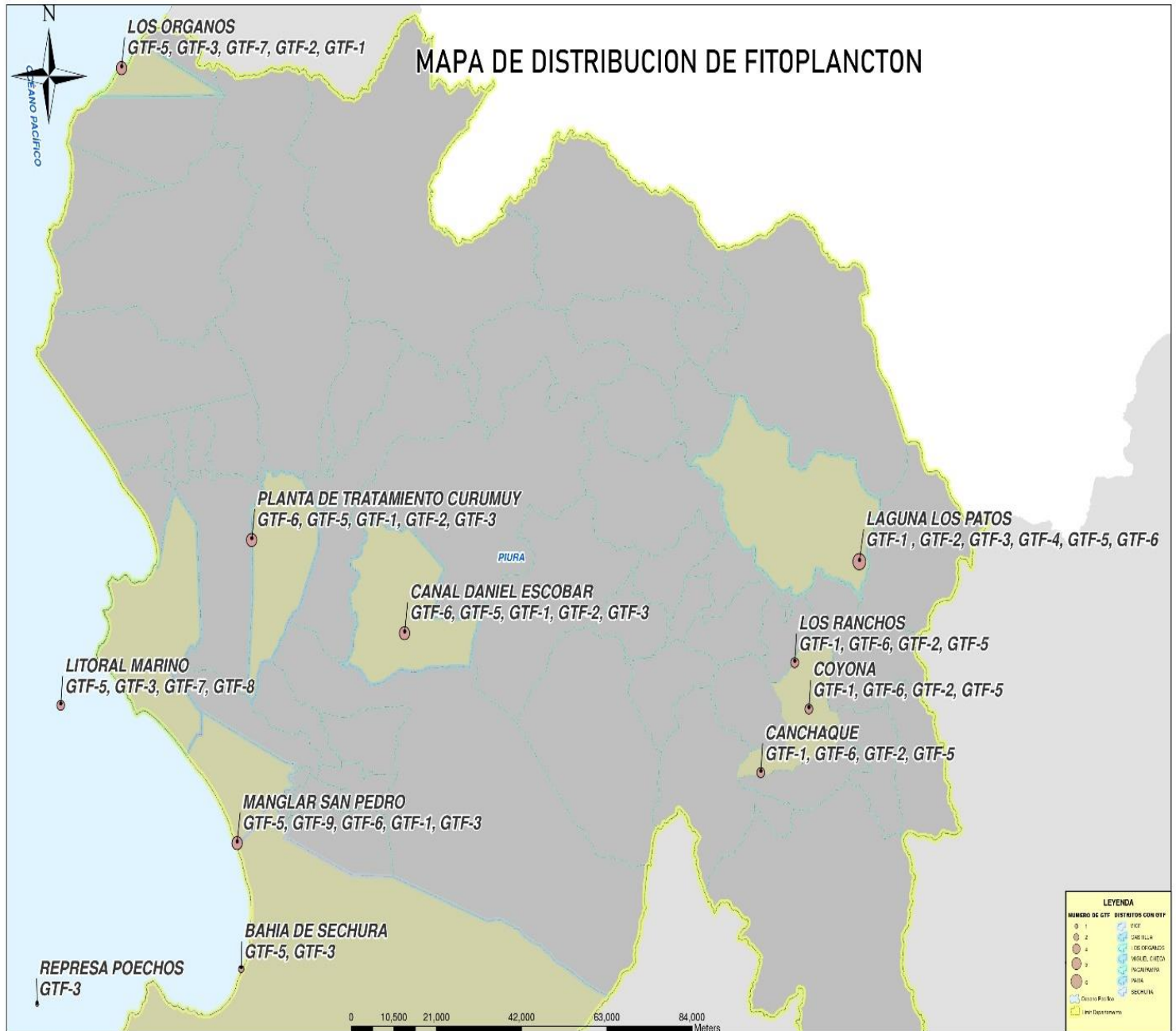


Figura 17: Mapa de distribución

En el anexo 16 se observa el mapa de distribución del código GTF-1, los cuales se encuentran localizados en 16 puntos: 1 en la laguna Los Patos, 1 en el Canal Daniel Escobar, 1 en la planta de tratamiento de agua potable Curumuy, 8 puntos en el litoral marino, 1 en el manglar San Pedro, 1 en Canchaque, 1 en Coyona, 1 en Los Ranchos y el ultimo en Maraypampa.

En el anexo 17, se observa el mapa de distribución del código GTF-2, que se encuentra localizado en 15 puntos: 1 en la laguna Los Patos, 1 en el Canal Daniel Escobar, 1 en la planta de tratamiento de agua potable Curumuy, 8 puntos en el litoral marino, 1 en el río Canchaque, 1 en Coyona, 1 en Los Ranchos y el ultimo en Maraypampa.

En el anexo 18, se observa el mapa de distribución del código GTF-3, que se encuentra localizado en 22 puntos: 1 en la laguna Los Patos, 1 en el Canal Daniel Escobar, 1 en la planta de tratamiento de agua potable Curumuy, 1 en la represa Poechos, 8 puntos en el litoral marino, 6 en la caleta Los Órganos, 3 en la Bahía de Sechura y 1 en el manglar San Pedro.

En el anexo 19, se observa el mapa de distribución del código GTF-4, que se encuentra localizado en 1 punto: la laguna Los Patos.

En el anexo 20, se observa el mapa de distribución del código GTF-5, que se encuentra localizado en 25 puntos: 1 en la laguna Los Patos, 1 en el canal Daniel Escobar, 1 en la planta de tratamiento de agua potable Curumuy, 8 en el litoral marino, 6 en la caleta Los Órganos, 3 en la Bahía de Sechura, 1 en el manglar de San Pedro, 1 en Canchaque, 1 en Maraypampa, 1 en Coyona y 1 en Los Ranchos.

En el anexo 21, se observa el mapa de distribución del código GTF-6, que se encuentra localizado en 8 puntos:

1 en la laguna Los Patos, 1 en el canal Daniel Escobar, 1 en la planta de tratamiento de agua potable Curumuy, 1 en el manglar San Pedro, 1 en Canchaque, 1 en Maraypampa, 1 en Coyona y 1 en Los Ranchos.

En el anexo 22, se observa el mapa de distribución del código GTF-7, que se encuentra localizado en 14 puntos: 8 en la laguna Los Patos y 6 en la caleta Los Órganos.

En el anexo 23, se observa el mapa de distribución del código GTF 8, que se encuentra localizado en 6 puntos en la caleta Los Órganos.

En el anexo 24, se observa el mapa de distribución del código GTF-9, que se encuentra localizado en 1 punto: el manglar San Pedro.

En el anexo 25, se observa el mapa de distribución del código GTF-10, que se encuentra localizado en 1 punto: manglar San Pedro.

La mayoría de los estudios lo realizaron en aguas marinas de la bahía de Sechura, Máncora, Los Órganos y Talara con 17 puntos de localización, los demás puntos de estudios fueron en el oeste flanco occidental de la cordillera de Los Andes, cuenca del río San Pedro – Chipillico – Chira – Pacífico, laguna Los Patos, la represa Poechos, planta de tratamiento de agua potable Curumuy, canal Daniel Escobar y el manglar San Pedro. En la figura 18, se observa que todos los puntos de localización se ubican en ecosistemas acuáticos loticos.

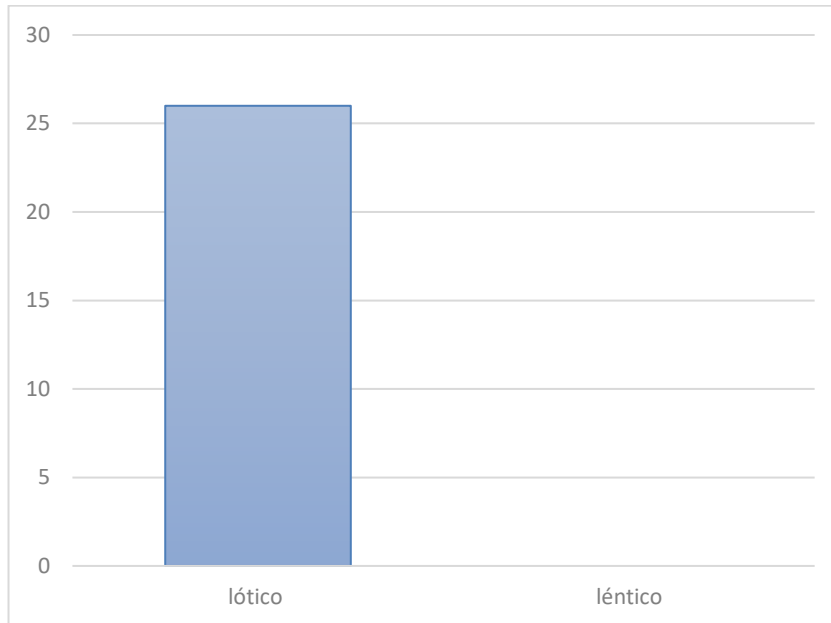


Figura 18: Gráfico según ecosistema lótico o léntico

En la figura 25, se observa que la mayoría de los puntos de localización se encuentran en agua de tipo salada, representando un 65% y un 35% de agua dulce.

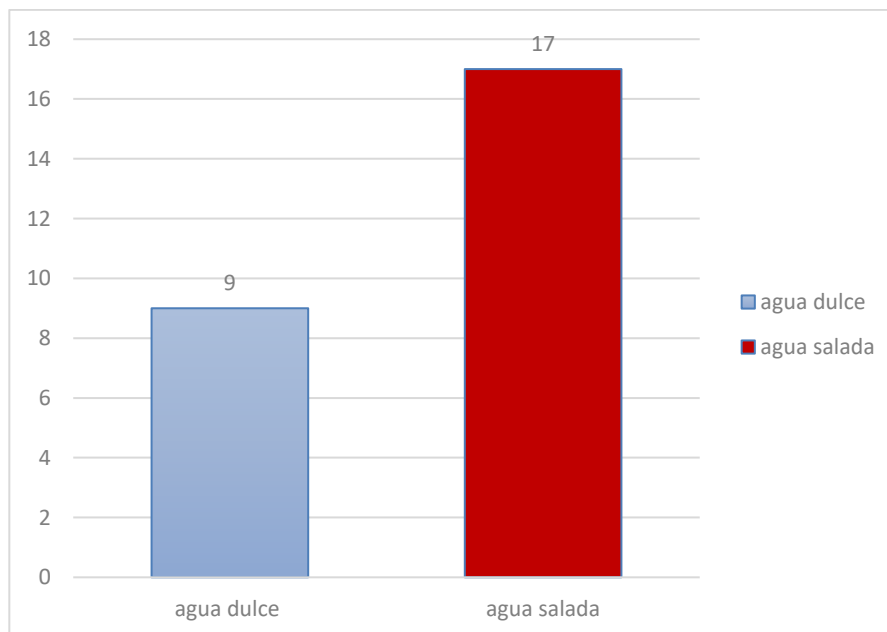


Figura 19: Gráfico de localización por tipo de agua



### 3.4. Análisis de la influencia de los grupos taxonómicos del fitoplancton con los parámetros de calidad

#### 3.4.1. De la investigación ‘I-1’

En el análisis de Varianza (tabla 19) se observa que los parámetros de calidad son los que influyen de manera significativa en la composición específica y variación estacional del fitoplancton en la laguna Los Patos, La Hora - Querecotillo, Sullana, con un  $p=0.000$  menor a  $P0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (Meses) no influyen en la composición específica y variación estacional del fitoplancton en la laguna Los Patos, La Hora - Querecotillo, Sullana, con un  $p=0.482$  mayor a  $Po=0.05$ .

**Tabla 19:**

*Análisis de la Varianza de la investigación 'I-1'*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	11	23.4	23.4	2.127	1.03	0.482
Parámetros de calidad	1	929.14	929.14	929.144	449.53	0.000
Error	11	22.74	22.74	2.067		
Total	23	975.28				

**Tabla 20:**

*Comparación método Tukey de la investigación 'I-1'*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	12	20	A
2	12	7.5558	B

En la figura 20 se observa la gráfica de efectos principales de los parámetros de calidad, donde la Temperatura (1) es la que más influye en la composición específica y variación estacional del fitoplancton en la laguna Los Patos, La Hora - Querecotillo, Sullana y el pH (2) es el que menos influye en la composición específica y variación estacional del fitoplancton en la laguna Los Patos, La Hora - Querecotillo, Sullana.

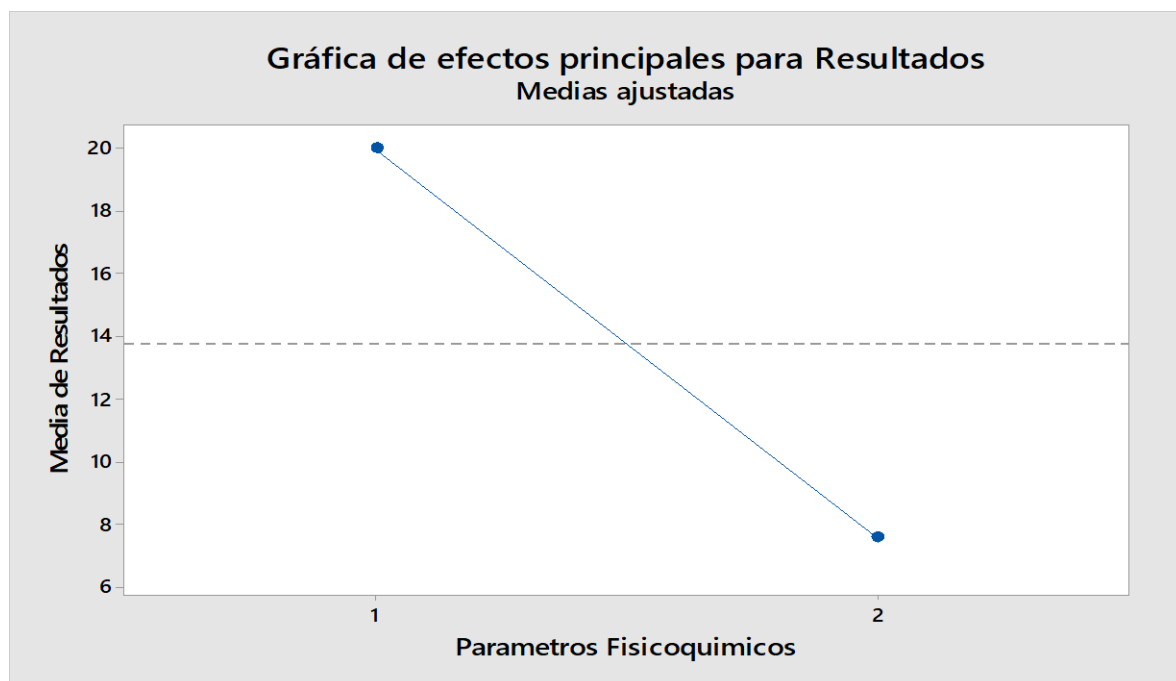


Figura 20: Gráfica de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-1

### 3.4.2 De la investigación ‘I-2’

En el análisis de Varianza (tabla 21) se observa que los parámetros de calidad son los que influyen de manera significativa en determinar la composición densidad y diversidad de fitoplancton en el canal Daniel Escobar y la planta de tratamiento de agua potable Curumuy, con un  $p=0.000$  menor a  $P0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (Meses) no influyen en determinar la composición densidad y diversidad de fitoplancton en el canal

Daniel Escobar y la planta de tratamiento de agua potable Curumuy, con un  $p=0.604$  mayor a  $Po=0.05$ .

**Tabla 21:**

*Análisis de la varianza de la investigación 'I-2'*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	4	5.82	5.82	1.455	0.76	0.604
Parámetros de calidad	1	844.561	844.561	844.561	438.51	0.000
Error	4	7.704	7.704	1.926		
Total	9	858.085				

**Tabla 22:**

*Comparación método Tukey de la investigación 'I-2'*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	5	25.84	A
2	5	7.46	B

En la figura 21 se observa en la gráfica de efectos principales que el parámetro Temperatura (1) es la que más influye en determinar la composición densidad y diversidad de fitoplancton en el canal Daniel Escobar y la planta de tratamiento de agua potable Curumuy y el pH (2) es el que menos influye en determinar la composición densidad y diversidad de fitoplancton en el canal Daniel Escobar y la planta de tratamiento de agua potable Curumuy.

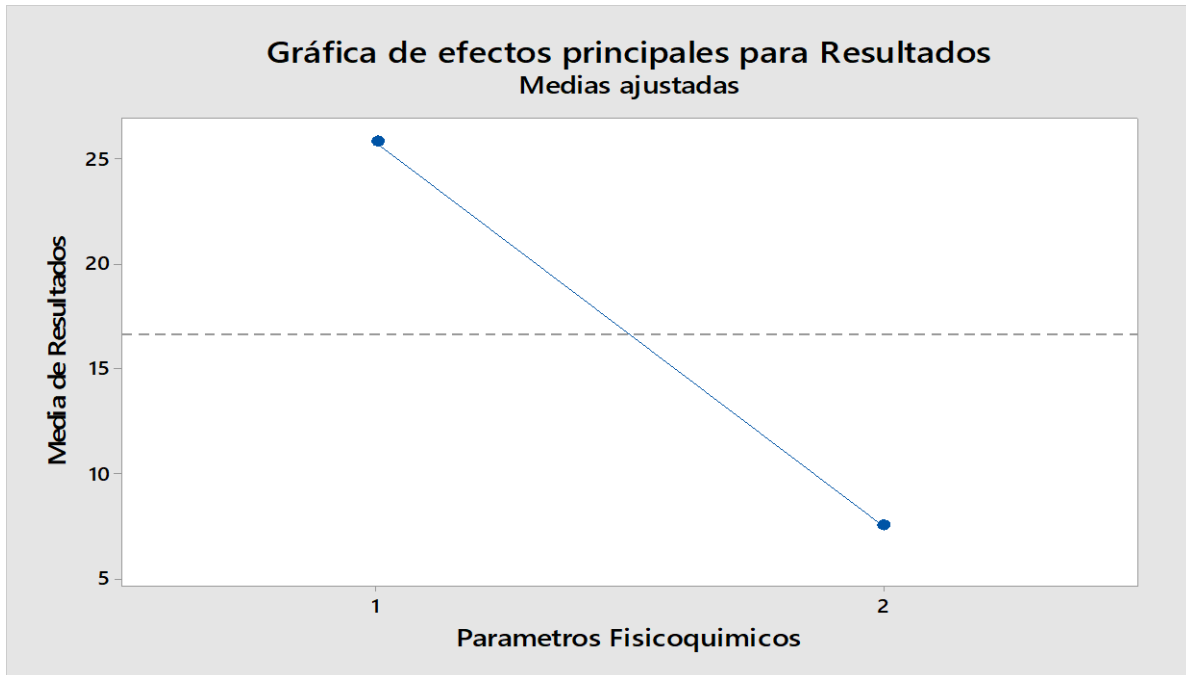


Figura 21: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-2

### 3.4.3 De la investigación ‘I-6’

#### a. Punto de monitoreo P1

En el análisis de Varianza (tabla 23) se observa que los parámetros de calidad son los que influyen de manera significativa en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el primer punto de monitoreo, con un  $p=0.005$  menor a  $P0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (Meses) no influyen en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el primer punto de monitoreo con un  $p=0.544$  mayor a  $Po=0.05$

**Tabla 23:**

*Análisis de la varianza de la investigación 'I-6', PI*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	2	3.16	3.16	1.58	0.84	0.544
Parámetros de calidad	1	401.802	401.802	401.802	212.97	0.005
Error	2	3.773	3.773	1.887		
Total	5	408.735				

**Tabla 24:**

*Comparación método Tukey de la investigación 'I-6', PI*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	3	24.2333	A
2	3	7.8667	B

En la gráfica de efectos principales (Figura 22) se observa que, de los parámetros de calidad, la Temperatura (1) es la que más influye en la composición de Fitoplancton en la Caleta Los Órganos-Talara y su relación con temperatura, salinidad y pH en el primer punto de monitoreo y el pH (2) es el que menos influye en la composición de litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el primer punto de monitoreo.

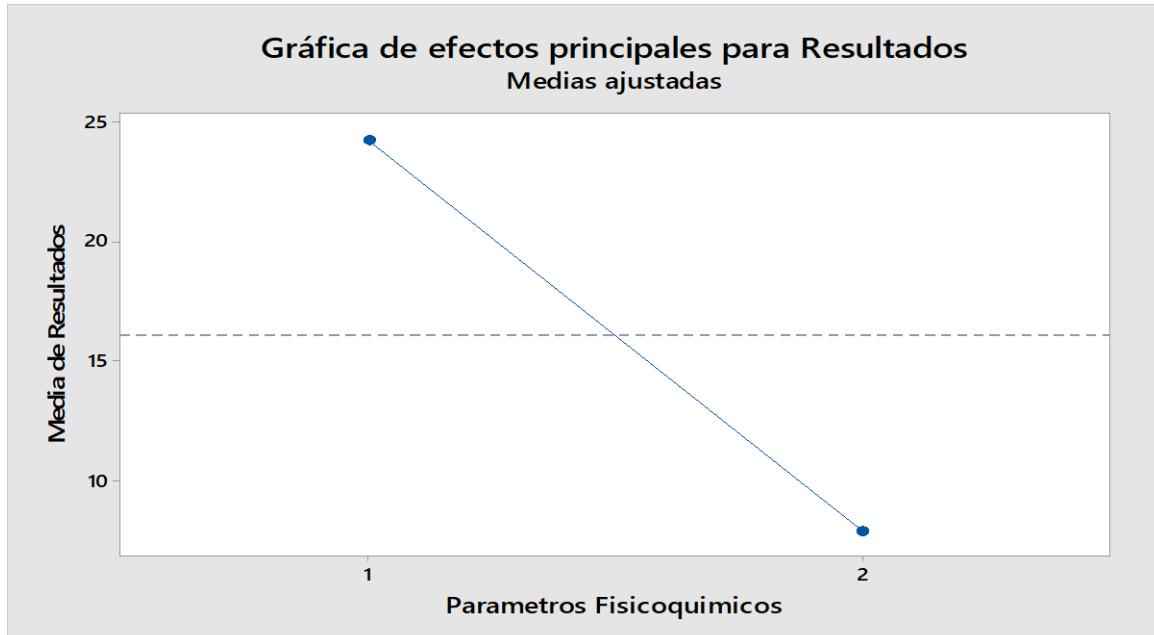


Figura 22: Gráfico de efecto de la temperatura y pH de la investigación I-6, P1

b. Punto de monitoreo P2

En el análisis de Varianza (tabla 25) se observa que los parámetros de calidad son los que influyen de manera significativa en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el segundo punto de monitoreo, con un  $p=0.003$  menor a  $P0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (Meses) no influyen en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el segundo punto de monitoreo con un  $p=0.442$  mayor a  $Po=0.05$

**Tabla 25:**

*Análisis de varianza de la investigación 'I-6', P2*

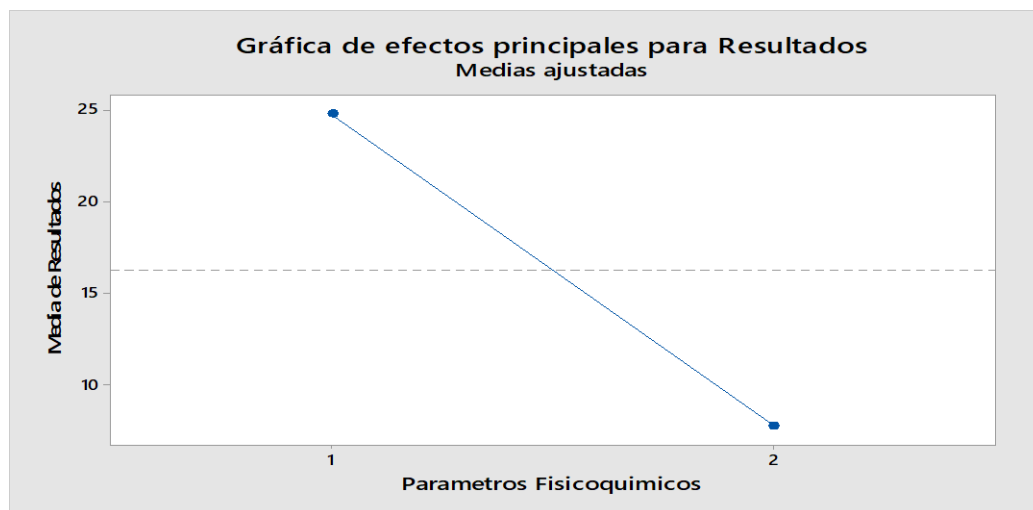
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	2	2.903	2.903	1.452	1.26	0.442
Parámetros de calidad	1	436.907	436.907	436.907	379.37	0.003
Error	2	2.303	2.303	1.152		
Total	5	442.113				

**Tabla 26:**

*Comparación método Tukey de la investigación 'I-6', P2*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	3	24.8	A
2	3	7.7333	B

En la gráfica de efectos principales (figura 23) que la Temperatura (1) es la que más influye en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el segundo punto de monitoreo y el pH (2) es el que menos influye en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el segundo punto de monitoreo.



**Figura 23:** Gráfico de efectos principales de temperatura y Ph de la investigación I-6, P2

c. Punto de monitoreo P3

En el análisis de Varianza (tabla 27) se observa que los parámetros de calidad son los que influyen de manera significativa en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el tercer punto de monitoreo, con un  $p=0.002$  menor a  $P0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (Meses) no influyen en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el tercer punto de monitoreo con un  $p=0.39$  mayor a  $Po=0.05$

**Tabla 27:**

*Análisis de varianza de la investigación 'I-6', P3*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	2	2.29	2.29	1.145	1.56	0.39
Parámetros de calidad	1	445.482	445.482	445.482	608.86	0.002
Error	2	1.463	1.463	0.732		
Total	5	449.235				

**Tabla 28:**

*Comparación método Tukey de la investigación 'I-6', P3*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	3	24.8667	A
2	3	7.6333	B



En la gráfica de efectos principales (figura 24) se observa que de los parámetros de la Temperatura (1) es la que más influye en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el tercer punto de monitoreo y el pH (2) es el que menos influye en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH en el tercer punto de monitoreo.

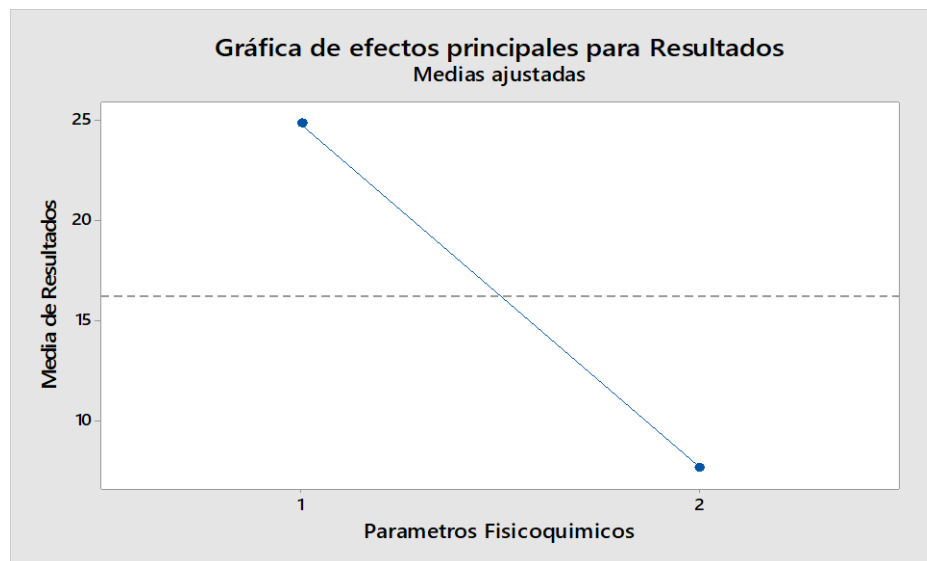


Figura 24: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-6, P3

#### 3.4.4 De la investigación ‘I-7’

En el análisis de Varianza (tabla 29) se observa que los parámetros de calidad son los que influyen de manera significativa en la composición de Fitoplancton en la Caleta Los Órganos-Talara y su relación con temperatura, salinidad y pH entre las coordenadas 03°23’ y los 06°00’ Latitud Sur, con un  $p=0.000$  menor a  $P0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (Meses) no influyen en la composición de Fitoplancton en el litoral marino de Piura y su relación con temperatura, salinidad y pH entre las coordenadas 03°23’ y los 06°00’ Latitud Sur. con un  $p=0.575$  mayor a  $Po=0.05$

**Tabla 29:**

*Análisis de varianza de la investigación 'I-7'*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	5	10.65	10.65	2.13	0.840	0.575
Parámetros de calidad	1	819.89	819.89	819.888	322.160	0.000
Error	5	12.72	12.72	2.545		
Total	11	843.26				

**Tabla 30:**

*Comparación método Tukey de la investigación 'I-7'*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	6	24.2167	A
2	6	7.685	B

En la gráfica de efectos principales (figura 25) se observa que de los parámetros de calidad, la Temperatura (1) es la que más influye en la composición de Fitoplancton en la Caleta Los Órganos-Talara y su relación con temperatura, salinidad y pH entre las coordenadas 03°23' y los 06°00' Latitud Sur y el pH (2) es el que menos influye en la composición de Fitoplancton en la Caleta Los Órganos-Talara y su relación con temperatura, salinidad y pH entre las coordenadas 03°23' y los 06°00' Latitud Sur.

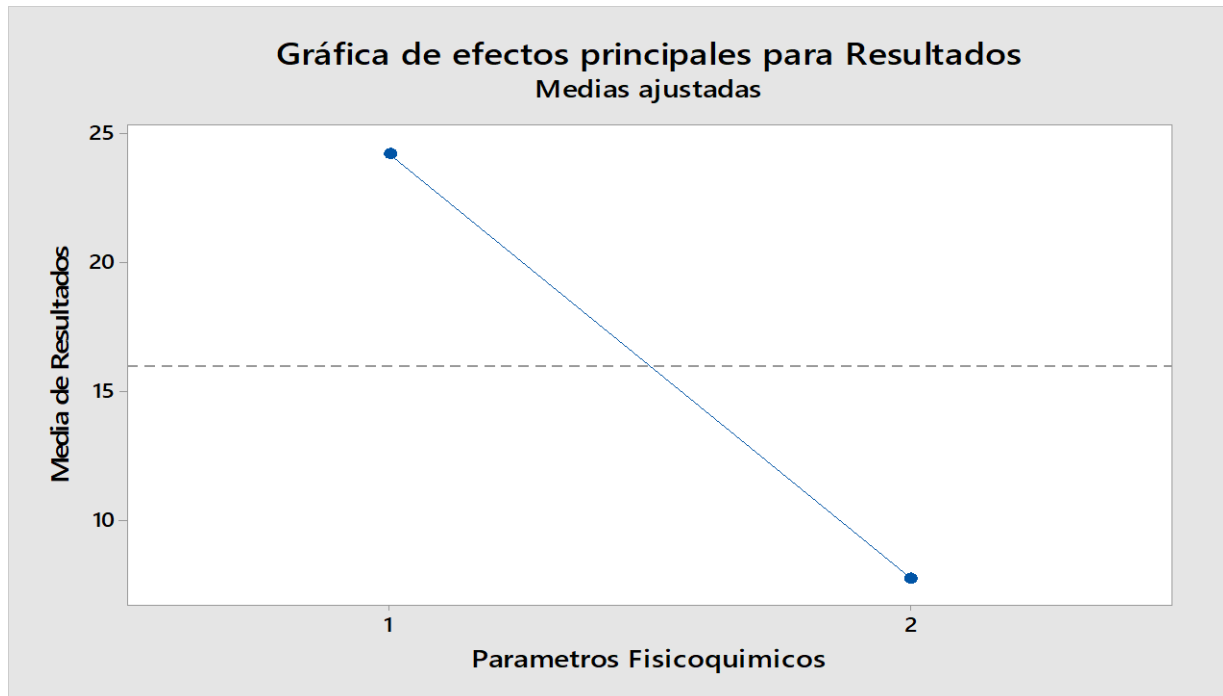


Figura 25: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-7.

### 3.4.5 De la investigación ‘I-10’

#### a. Canchaque

En el análisis de Varianza (tabla 31) se observa que los parámetros de calidad son los que influyen de manera significativa en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Canchaque), con un  $p=0.000$  menor a  $P0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (Meses) no influyen en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Canchaque) con un  $p=0.626$  mayor a  $Po=0.05$ .

**Tabla 31:**

*Análisis de varianza de la investigación 'I-10', Canchaque*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	5	24.330	24.330	4.867	0.740	0.626
Parámetros de calidad	1	770.240	770.240	770.242	116.990	0.000
Error	5	32.920	32.920	6.584		
Total	11	827.49				

**Tabla 32:**

*Comparación método Tukey de la investigación 'I-10', Canchaque*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	6	23.6833	A
2	6	7.66	B

En la gráfica de efectos principales (Figura 26) se observa que la Temperatura (1) es la que más influye en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Canchaque) y el pH (2) es el que menos influye en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Canchaque).

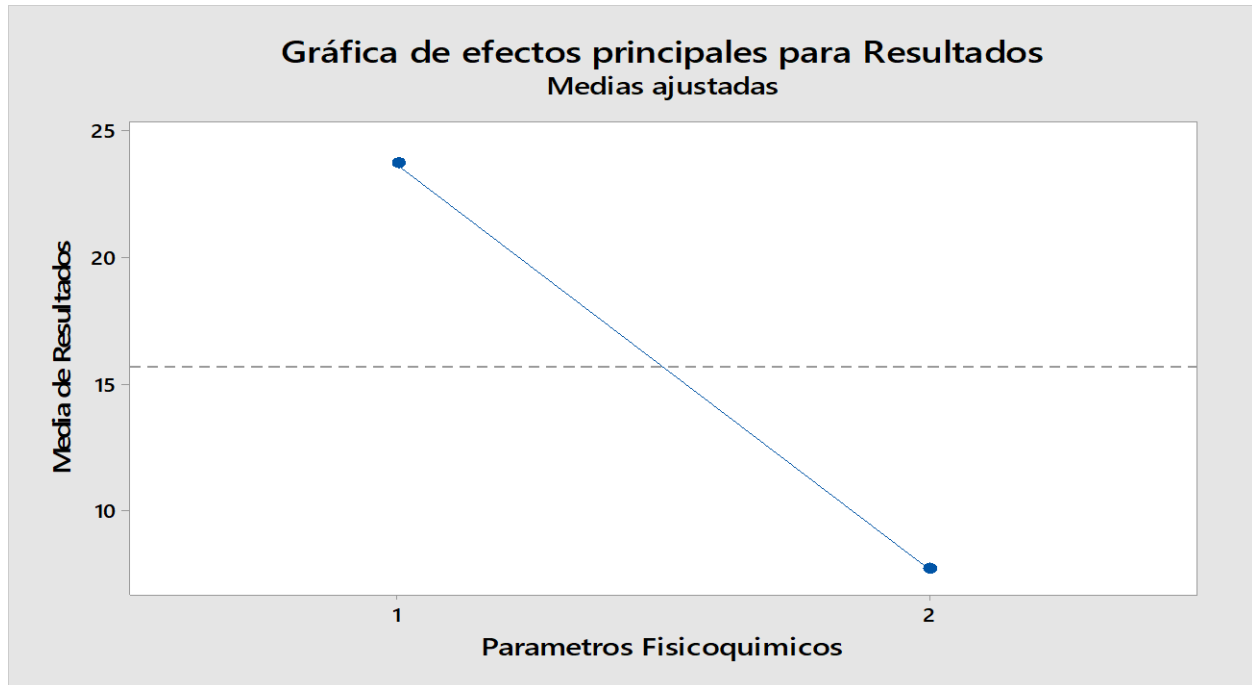


Figura 26: Grafico de efecto de la temperatura y pH de la investigación I-10, Canchaque

b. Maraypampa

En el análisis de Varianza (tabla 33) se observa que los parámetros de calidad son los que influyen de manera significativa en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Maraypampa), con un  $p=0.002$  menor a  $P0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (Meses) no influyen en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Canchaque) con un  $p=0.811$  mayor a  $Po=0.05$ .

**Tabla 33:**

*Análisis de varianza de la investigación 'I-10', Maraypampa*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	5	13.590	13.590	2.718	0.430	0.811
Parámetros de calidad	1	240.580	240.580	240.576	38.150	0.002
Error	5	31.530	31.530	6.307		
Total	11	285.7				

**Tabla 34:**

*Comparación método Tukey de la investigación 'I-10', Maraypampa*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	6	16.2	A
2	6	7.245	B

En la gráfica de efectos principales (figura 27) se observa que la Temperatura (1) es la que más influye en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura Maraypampa) y el pH (2) es el que menos influye en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Maraypampa).

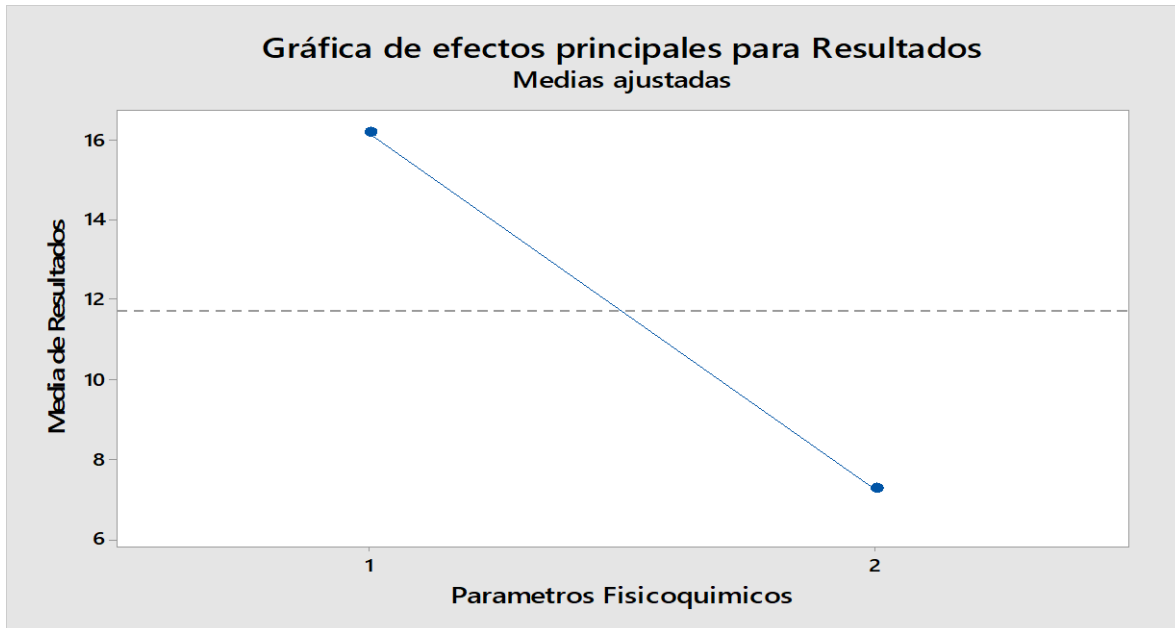


Figura 27: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-10, Maraypampa

c. Coyona:

En el análisis de Varianza (tabla 35) se observa que los parámetros de calidad son los que influyen de manera significativa en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Coyona), con un  $p=0.000$  menor a  $P0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (Meses) no influyen en la presencia de algas como parte del perifiton en los ecosistemas acuáticos en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Coyona) con un  $p=0.326$  mayor a  $Po=0.05$ .

**Tabla 35:**

*Análisis de varianza de la investigación 'I-10', Coyona*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	5	3.825	3.825	0.765	1.53	0.326
Parámetros de calidad	1	493.57	493.57	493.57	987.43	0.000
Error	5	2.499	2.499	0.5		
Total	11	499.894				

**Tabla 36:**

*Comparación método Tukey de la investigación 'I-10', Coyona*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	6	19.1833	A
2	6	6.3567	B

En la gráfica de efectos principales (figura 28) se observa que la Temperatura (1) es la que más influye en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Coyona) y el pH (2) es el que menos influye en la presencia de algas como parte del perifiton en los ecosistemas acuáticos en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Coyona).



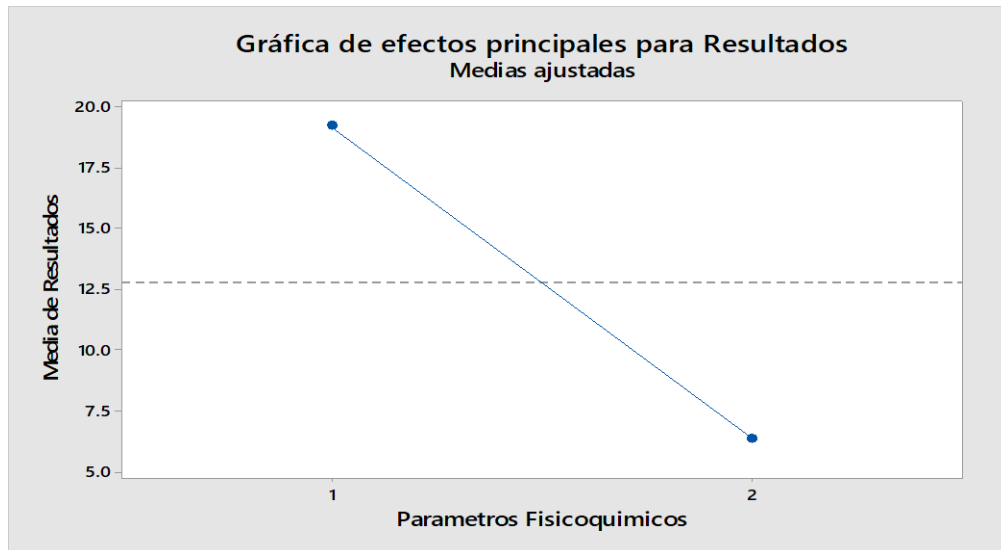


Figura 28: Gráfico de efectos de la temperatura y pH de la investigación I-10, Coyona

d. Los Ranchos

En el análisis de Varianza (tabla 37) se observa que los parámetros de calidad son los que influyen de manera significativa en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Los Ranchos), con un  $p=0.000$  menor a  $P0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (Meses) no influyen en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Los Ranchos) con un  $p=0.52$  mayor a  $Po=0.05$ .

**Tabla 37:**

*Análisis de varianza de la investigación 'I-10', Los Ranchos*

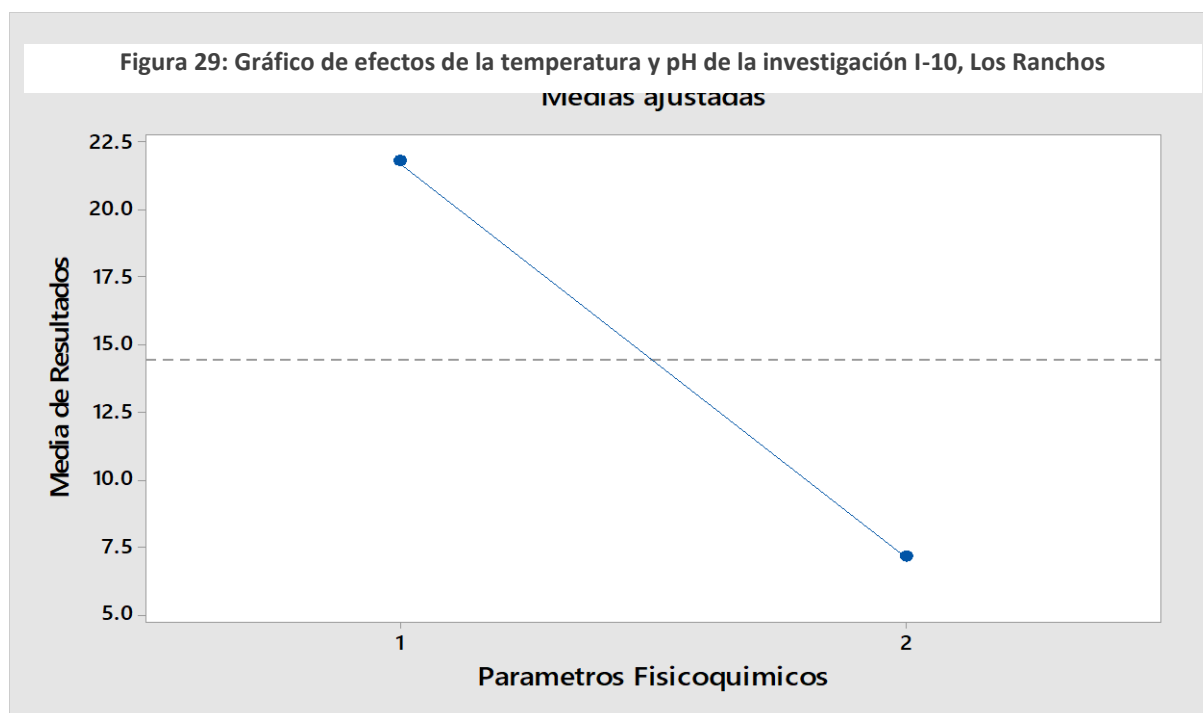
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	5	34.33	34.33	6.87	0.95	0.52
Parámetros de calidad	1	643.72	643.72	643.72	89.20	0.00
Error	5	36.08	36.08	7.22		
Total	11	714.14				

**Tabla 38:**

*Comparación método Tukey de la investigación 'I-10', Los Ranchos*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	6	21.7333	A
2	6	7.085	B

En la gráfica de efectos principales (figura 29) se observa que la temperatura (1) es la que más influye en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Los Ranchos) y el pH (2) es el que menos influye en la presencia de algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura (Los Ranchos).



### 3.5.6 Calidad del agua completa

En el análisis de Varianza (tabla 39) se observa que los parámetros de calidad de los ecosistemas acuáticos evaluados en la ciudad de Piura entre los años 2013-2018, son los que influyen de manera significativa en la calidad el agua de los ecosistemas acuáticos de Piura, con un  $p=0.000$  menor a  $P_0=0.05$ . De igual manera se observa que el tiempo (meses) no influyen en la calidad el agua de los ecosistemas acuáticos de Piura, con un  $p=0.881$  mayor a  $P_0=0.05$ .

**Tabla 39:**

*Análisis de varianza de la calidad de agua completa*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Mes	20	93.94	93.94	4.7	0.63	0.881
Parámetros de calidad	1	5816.74	5816.74	5816.74	778.14	0.000
Error	90	672.77	672.77	7.48		
Falta de ajuste	20	92.06	92.06	4.6	0.55	0.93
Error puro	70	580.71	580.71	8.3		
Total	111	6583.45				

**Tabla 40:**

*Comparación método Tukey de la calidad de agua completa*

Parámetros De calidad	N	Media	Agrupación
1	56	21.8701	A
2	56	7.4569	B

En la gráfica de efectos principales (figura 30) se observa que, de los parámetros de calidad, la Temperatura (1) es la que más influye en la calidad el agua de los ecosistemas acuáticos de Piura, y el pH (2) es el que menos influye en la calidad el agua de los ecosistemas acuáticos de Piura.

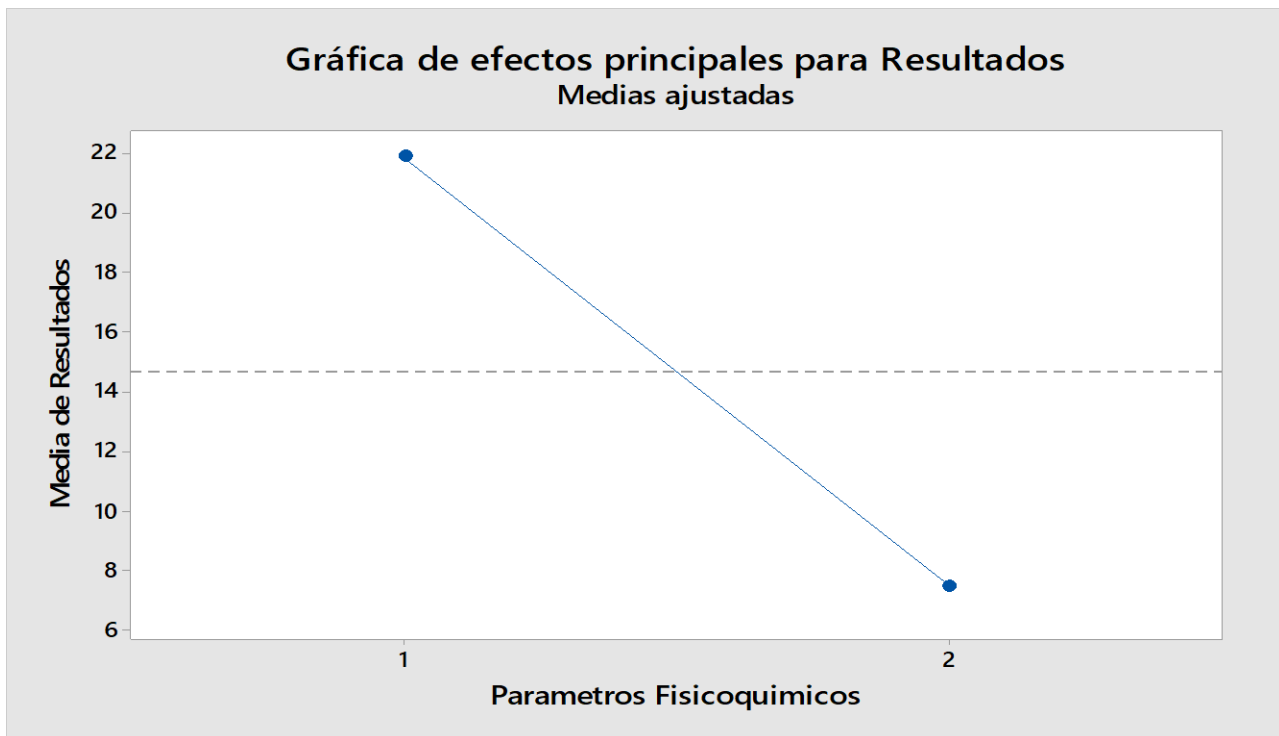


Figura 30: Gráfico de efectos de temperatura y pH en la calidad de agua completa

## CAPITULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

La presente investigación se realizó durante el contexto de la emergencia sanitaria por la pandemia del COVID-19, el cual limitó el análisis en campo y laboratorio. Sin embargo, se estudió las investigaciones realizadas en el departamento de Piura entre los años 2013-2018 para cumplir con el objetivo. Se añade que otra limitación para la realización de la presente investigación fue la falta de estudios sobre el presente tema a nivel departamental y nacional. Además, los criterios para la selección de la muestra no abarcaron todos los parámetros de calidad del agua, ya que no todas las investigaciones contaban con el mismo análisis de la calidad del agua, por lo que en la presente investigación solo se trabajó con la temperatura y el pH.

La composición del fitoplancton en diversos componentes acuáticos del departamento de Piura entre los años 2013-2018 es importante porque es el primer eslabón de la cadena trófica acuática y por su aporte alimenticio a los otros organismos que se encuentren en dicho hábitat.

La diversidad de especie que se encuentren en un ambiente acuático se puede atribuir a la presencia de nutrientes como potasio, sílice, sodio, nitritos, entre otros. Los cuáles son necesarios para el crecimiento de dichas especies y el metabolismo de los distintos grupos taxonómicos de fitoplancton. Usualmente en los ríos y lagunas abundan el grupo GTF-5 (Bacillariophyta), sin embargo, eso dependerá de los nutrientes que se presenten en dichos cuerpos acuáticos y los parámetros de calidad que presenten dicho medio biológico. (Vélez, Lozano y Cáceres, 2016)

Con respecto a la identificación de grupos taxonómicos, Özbay (2011) identificó 6 en río Kars de Turquía, los cuales fueron el GTF-1 (Cyanophyta), GTF-6 (Chlorophyta), GTF-2 (Euglenophyta), GTF-5 (Bacillariophyta), GTF- 3 (Pyrrophyta) y GTF-7 (Chrysophyta). Por otro lado, Okoqwu y Ugwumba (2013) identificaron 6 grupos taxonómicos en dos ríos tropicales en el sureste de Nigeria, los cuales fueron: GTF-6 (Chlorophyta), GTF-5 (Bacillariophyta), GTF-2 (Euglenophyta), GTF- 3 (Pyrrophyta), GTF-7 (Chrysophyta) y GTF-4 (Xantophyta). En el río Kars de Turquía (Özbay, 2011), la mayor parte de tiempo del periodo de estudio, el grupo dominante fue GTF-1 (Cyanophyta), seguido de GTF-5 (Bacillariophyta) y GTF-6 (Clorophyta). Lo cual coincide con los resultados obtenidos en la tabla 3, donde la mayoría de las investigaciones en ecosistemas acuáticos loticos de agua tipo dulce tenían diferentes grupos taxonómicos. Sin embargo, las investigaciones ‘I-3’ (litoral marino), ‘I-4’ (litoral marino), ‘I-5’ (represa Poechos) presentaban poca diversidad fitoplanctónica, contando en sus resultados solo con GTF-3 (Pyrrophyta).

Referente a la distribución de los grupos taxonómicos, en la figura 21 y 22 se observa que los códigos GTF-9 (Charophyta) y GTF-10 (Ochrophyta) presentan menor distribución en el departamento de Piura, esto concuerda con lo mencionado por Rio (2019), donde afirma que a falta de estudio de biodiversidad de dichos grupos taxonómicos en nuestro país delimita sus hallazgos. En la figura 14 y 18 se observan que GTF-1(Cyanophyta), y GTF-5(Bacillariophyta) presentan mayor distribución, siendo característica común de las Aguas de la Corriente Peruana (IMARPE, 2003)

En cuanto al análisis de la influencia de los grupos taxonómicos con los parámetros de calidad, De La Lanza (1994) menciona que la temperatura es un factor que influye en la predominancia y reacciones metabólicas para que los grupos taxonómicos se reproduzcan,

aumentando de esa manera las especies. Además, Huanaco et al. (2018) afirman que la diversidad es variable y se relaciona con la estación en la que se encuentre el ecosistema, presentando menos diversidad en invierno y mayor diversidad en primavera.

Según Ordinola (2017) afirma que la temperatura, como parámetros de calidad, presenta una correlación inversa al total de clasificaciones taxonómicas, lo cual no coincide con el análisis general de calidad del agua, donde muestra una influencia significativa con un  $p=0.000$  menor a  $P0=0.05$ . (tabla 39)

También menciona que el pH del agua del mar de Piura y el fitoplancton presentan una relación inversamente proporcional (Ordinola, 2017), por lo que no se coincide con dicha mención ya que no hubo un estudio sobre aquello. Sin embargo, en el análisis de varianza el pH no influye de manera significativa con un  $p=0.881$  mayor a  $P0=0.05$ . (tabla )

Rojas y Ortiz (2007) identificaron el parámetro temperatura en el océano pacífico colombiano correlacionándolo directamente con el aumento de la composición del GTF-5 (Bacillariophyta). Özbay (2011) correlaciona la presencia de GTF-1 (Cyanophyta), GTF-5 (Bacillariophyta) y GTF-6 (Chlorophyta) con la temperatura ( $p=0.047$ ) en el río Kars de Turquía. Siendo el mes de junio el que presentó mayor temperatura, superando en diversidad de GTF-5 (Bacillariophyta).

Esto concuerda con los resultados presentados en la tabla 6 que se detalla que dicho código presenta más riqueza por especie en la investigación ‘I-1’ (laguna Los Patos) donde se presentó mayor número de especies en GTF-5 (Bacillariophyta). Y en el gráfico 5, donde se menciona que la temperatura es el parámetro que más influye en aquello. Por otro lado, también coincide con la investigación ‘I-6’ (litoral marino de Piura) donde GTF-5 (Bacillariophyta) presentó el mayor número de especies en el ‘P1’, ‘P2’ y ‘P3’. Teniendo de

igual manera como resultados en los gráficos de efectos principales a la temperatura como el parámetro de calidad que influye en la composición fitoplanctónica en el litoral marino. Montes, Gálvez y Rivera (2005) halló en la bahía de Sechura mayor diversidad de especies de GTF-5 (Bacillariophyta), seguido de GTF-3 (Pyrrophyta), coincidiendo con los resultados sistematizados en la tabla 13 de la investigación ‘I-8’ (Bahía de Sechura), que solo se hallaron GTF-5 (Bacillariophyta) y GTF-3 (Pyrrophyta) entre enero y junio del 2015. En la cuenca pacífica colombiana, entre los años 1996-2000, predominaron GTF-5 y (Bacillariophyta) y GTF-3 (Pyrrophyta), donde GTF-5 (Bacillariophyta) disminuye su abundancia en el año 1998 por el aumento de la temperatura debido al fenómeno de ‘El Niño’ (28.6°C a 30°C). Sin embargo, GTF-3 (Pyrrophyta) mantuvo su abundancia. (Rojas y Ortiz, 2007)

Según Yovera (2016) la temperatura del agua y el total de especies presentan una correlación positiva y el pH no presenta ninguna correlación, coincidiendo con la investigación ‘I-7’ (Los Órganos) en donde menciona que la temperatura es el que más influye en la composición del fitoplancton con un  $p=0.000$  menor a  $P0=0.05$ . (tabla 42)

Baylón et al. (2018) relaciona la presencia de fitoplancton con la temperatura en las lagunas altoandinas de la provincia de Pasco, presentando 7 grupos taxonómicos, donde GTF-6 (Chlorophyta) presenta la mayor riqueza de especies, seguido de GTF-5 (Bacillariophyta). En el lago Sauce Grande de Argentina relacionaron la presencia de diversos grupos taxonómicos de fitoplancton con la salinidad, conductividad y temperatura, presentando 3 grupos taxonómicos de código GTF-6 (Chlorophyta), GTF-3 (Pyrrophyta) y GTF-5 (Bacillariophyta). (Cony, Ferrer y Cáceres, 2017)

Dichos resultados coinciden parcialmente con la diversidad fitoplanctónica de la investigación ‘I-1’ (laguna los Patos) el cual presentó 6 grupos taxonómicos: GTF-1



(Cyanophyta), GTF-2 (Euglenophyta), GTF-3 (Pyrrophyta), GTF-4 (Xantophyta), GTF-5 (Bacillariophyta) y GTF-6 (Chlorophyta) (tabla 6). Donde GTF-5 (Bacillariophyta) presentó mayor riqueza por el número de especies y GTF-6 (Chlorophyta) no presentó mucha riqueza, afirmando que disminuye porque son sensibles a épocas cálidas. (Cony et al., 2017)

Rojas y Ortiz (2007) mencionan que la abundancia de GTF-5 (Bacillariophyta) se relaciona con la presencia de nutrientes como el silicato, nitrito, nitrato, amonio y fosfato; para su actividad metabólica ya que se asimila con o sin iluminación. Franco, Delgado y Sulca (2019) menciona que el grupo taxonómico Bacillariophyta puede aumentar su producción cuando existe iones metálicos (agua dura). Con esto se deduce que las investigaciones ‘I-1’ (Laguna Los Patos), ‘I.2’ (Canal Daniel Escobar y la planta de tratamiento de agua potable Curumuy), ‘I-6’ (litoral marino), ‘I-7’ (Los Órganos), ‘I-8’ (Bahía de Sechura), ‘I-9’ (manglar San Pedro) e ‘I-10’ (Canchaque, Maraypampa, Coyona, Los Ranchos), presentan este tipo de nutrientes.

Baylón et al. (2018) menciona que la comunidad fitoplanctónica aumenta por las condiciones ambientales óptimas como la temperatura y pH, entonces si la temperatura supera los 20°C, posibilita el ambiente para la producción del grupo taxonómico GTF-1 (Cyanophyta). Según Goyenola (2007) este grupo taxonómico no se halla en ecosistemas acuáticos cuyo pH sea menos del valor 4 o 5, permitiéndonos afirmar aquello ya que las investigaciones ‘I-2’ (Canal Daniel Escobar y la planta de tratamiento de agua potable Curumuy), ‘I-6’ (litoral marino de Piura), ‘I-7’ (Los Órganos), ‘I-10’ (distrito Canchaque, Huancabamba, Piura) presentan valores de pH superior a lo mencionado, evidenciándose la presencia GTF-1 (Cyanophyta).

Según Santillán y Guerrero (2018) la presencia de GTF-1 (Cyanophyta) se relaciona con los altos niveles de concentraciones de nitratos. Bustamante et al. (2016) mencionan que la presencia de GTF-1 (Cyanophyta), en periodo poco lluvioso, es un indicador que existen concentraciones altas de materia orgánica y nutrientes en el ecosistema acuático.

En Ucayali, se encontraron 4 grupos taxonómicos en la laguna Cashibococha. El más abundante fue la GTF-6 (Chlorophyta), seguido de GTF-3 (Pyrrophyta), GTF-1 (Cyanophyta) y GTF-7 (Chrysophyta). La dominancia de GTF-6 (Chlorophyta), sobre todo de la especie *Desmidiaceae*, es un indicador que el agua en donde se encuentra es ácida. Además, los parámetros de calidad los avalan, porque el pH del lago es ligeramente ácido, con baja alcalinidad, baja conductividad y una moderada transparencia (Riofrío, Carrasco y Clavo, 2003). Afirmando lo mencionado anteriormente por Goyenola (2007). Sin embargo, contrastando con los resultados presentados en el anexo 3 y 4 que detallan los parámetros de calidad de la investigación ‘I-1’ (laguna Los Patos) y la investigación ‘I-2’ (canal Daniel Escobar y la planta de tratamiento de agua potable Curumuy), difieren en lo mencionado por Riofrío et al. (2003), ya que los valores de pH van por encima del valor 7. Por otro lado, la investigación ‘I-10’ (Canchaque, Maraypampa, Coyona y Los Ranchos) en el punto de monitoreo P3, si cumple porque los valores de pH son ligeramente ácidos (abril-2015: 6.4, mayo-2015: 6.29, Julio-2015: 6.11). (anexo 8)

Esto nos permite afirmar lo mencionado por Rojas y Ortiz (2007) que el grupo taxonómico GTF-5 (Bacillariophyta) y GTF-3 (Pyrrophyta) depende de la temperatura y la variabilidad de nutrientes que se encuentren en el ecosistema acuático.

Vizcaíno, et. al (2017) menciona que la capacidad de la laguna Cajititlán de México pueda producir florecimientos algales de GTF-1 (Cyanophyta), es un indicio que presencie contaminación, además que la presencia de GTF-6 (Chlorophyta) es un indicador benéfico para el ecosistema acuático. En el río de Agrio de Argentina predominó el grupo taxonómico GTF-6 (Chlorophyta), GTF-2 (Euglenophyta) y GTF-7 (Chrysophyta), las cuales son grupos taxonómicos cuyas características son reconocidas por la alta concentración de los metales. (Visviki y Santikul, 2000)

En las cuencas del río Madre de Dios y Tambopata, se hallaron 4 grupos taxonómicos. La que presentó mayor abundancia fue el grupo GTF- 6 (Chlorophyta), dominando la familia *Desmidiaceae*, siendo un indicador de aguas ácidas. Lo cual no coincide con Riofrío, Carrasco & Clavo, 2003), pero no con la mayoría de los resultados obtenidos en la sistematización de resultados. También se halló GTF-1 (Cyanophyta) y GTF-2 (Euglenophyta). (Samanez y Zambrano, 1995).

En el río Itaya, Loreto, se hallaron 6 grupos taxonómicos: GTF-5 (Bacillariophyta), GTF-6 (Chlorophyta), GTF-2 (Euglenophyta), GTF-1 (Cyanophyta), GTF-4 (Xantophyta) y GTF-7 (Chrysophyta). El grupo más abundante y con más diversidad fue Bacillariophyta. Sin embargo, las GTF-7 (Chlorophyta) se consideran un grupo característica propia del río (Ismiño et al., 2018).

En la cuenca del río Chicama se halló GTF-5 (Bacillariophyta), siendo el grupo el más abundante. Por el contrario, GTF-6 (Chlorophyta) presentó menor densidad y relacionándose con la presencia de concentraciones altas de nitratos, fosfatos y sulfatos. La presencia de GTF-1 (Cyanophyta) se relaciona con los altos niveles de concentraciones de nitratos (Santillán y Guerrero, 2018).

En la cuenca baja del río Lurín se hallaron 4 grupos taxonómicos: GTF-5 (Bacillariophyta), GTF-6 (Chlorophyta), GTF-2 (Euglenophyta) y GTF-4 (Xanthophyta). El más abundante y el más rico en diversidad de especies fue GTF-5 (Bacillariophyta), lo cual se relacionó con el aumento de la temperatura elevada en la zona de estudio y el pH ligeramente ácido por la disponibilidad de nutrientes y CO<sub>2</sub>. (Vélez et al., 2016). Concordando con la investigación ‘I-10’, en el punto de monitoreo P3 (Coyona), donde sus valores de pH se encontraban ligeramente ácidos.

En la playa de Pescadores Artesanales de Chorrillos, GTF-3 (Pyrrophyta) presentó mayor abundancia en verano y disminuyó en invierno. La abundancia de GTF-10 (Ochrophyta) se relacionó con el aumento de la temperatura. (Arellano et al., 2005)

Sin embargo, en la investigación ‘I-9’ (manglar San Pedro) no se relaciona aquello, ya que GTF-10 (Ochrophyta) es uno de los grupos taxonómicos con menor abundancia, esto puede suceder por la poca presencia de contaminantes, tal como sucede en las lagunas altoandinas de pasco, donde GTF-10 (Ochrophyta) era uno de los grupos taxonómicos con mejor abundancia (Baylón et al., 2018). De igual manera no se observó (figura 12) alguna anomalía en la temperatura.

Según Ramos, Sepúlveda y Villalobos (2003) menciona que los parámetros de calidad de un ecosistema acuático son de importancia, destacando el pH (porque los cambios de en el pH llegan alterar la concentración de otras sustancias, variando la toxicidad) y la temperatura (porque afecta a la estructura química del agua por la cantidad de oxígeno que se puede disolver, la rapidez de la fotosíntesis de las algas, el metabolismo de los organismos, entre otras. Sin embargo, solo pudimos comprobar que si efectivamente la temperatura afectaba la calidad del agua y esta estaba a su vez afectaba la diversidad del fitoplancton en las aguas analizadas en esta investigación, como se puede comprobar en las investigaciones ‘I-1’, ‘I-2’, ‘I-6’, ‘I-7’ e ‘I-10’.

El relacionar la presencia de la diversidad de especies de fitoplancton en los ecosistemas acuáticos y los parámetros de calidad es de importancia, ya que esto nos ayuda a determinar el nivel de contaminación de las aguas, como menciona Vélez et al., (2016) en su investigación ‘Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú’.

## 4.2 Conclusión

Se concluye que la diversidad fitoplanctónica es un bioindicador de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018 porque que la presencia de ciertos grupos taxonómicos indica la existencia de posible contaminación. Llegando a esa deducción por la relación que presentan con la variabilidad de la temperatura.

Se lograron identificar los grupos taxonómicos del fitoplancton y los parámetros de calidad, sin embargo, no todos presentaban la misma diversidad de grupos taxonómicos.

Con respecto a la distribución de los grupos taxonómicos en los ecosistemas acuáticos de Piura, entre los años 2013-2018, se concluye que existe en la mayoría una gran riqueza por la alta presencia de diversas especies. El ecosistema lotico de agua tipo salada (litoral marino de Piura) presenta mayor abundancia de GTF-3 (Pyrrophyta).

También se concluyó que existe una influencia de los grupos taxonómicos del fitoplancton con los parámetros de calidad en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018, ya que la temperatura presentaba en todas las investigaciones un  $p=0.000$  menor a  $P0=0.05$ , por lo que si dicho parámetro de calidad aumenta o disminuye afectará a la presencia de los grupos taxonómicos de fitoplancton.

## CAPITULO V. REFERENCIAS

- Arellano, C., Becerra, N., Jara , M., La Torre, M., & Yucra, H. (2006). Fitoplancton de la Playa Los Pescadores, Chorrillos, Lima, Perú, invierno 2005. *Biologist*, 4(2), 9-11.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: Episteme.
- Arias, J., Miranda, M., & Villasís, M. (2016). El protocolo de la investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206.
- Audesirk, T., Audesirk, G., & Byers, B. (2003). *Biología: la vida en la tierra*. Pearson Education.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. San Juan Tlihuaca, México: Patria.
- Baylón, M., Roa , K., Libio , T., Tapia, L., Jara , E., Macedo , D., . . . Dextre, A. (2018). Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco (Perú). *Ecol. apl.*, 17(1), 119-132.
- Bustamante , C., Carmenate , M., Margarita, G., & Loza , S. (2016). Phytoplankton communities as indicators of the trophic status of Playas del Este, La Habana, Cuba. *Ciencias Marinas y Costeras*, 8(2), 75-92.
- Campoblanco, H., & Gomero , J. (2000). Importancia de los ríos en el entorno ambiental. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 3(5).
- Carmona, J., Hernández, M., & Ramírez, M. (2004). *Algas, glosario ilustrado*. Obtenido de <http://repositorio.fcencias.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11154/177709/2004%20Carmona%2C%20J.%20Libro%20-%20Glosario%20Algas.pdf?sequence=2>
- Carrísimo , M., Del Cero, P., Fonalleras, M., Silva , P., & Giordano, M. (2013). *Ecosistemas Acuáticos*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Educación de la Nación .

- Consejería de Medio Ambiente: Junta de Andalucía. (2010). *Atlas de organismos planctónicos en los humedales de Andalucía*. Obtenido de [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnextoid=fe6d6d4c803c8310VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=07b47d087270f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnextfmt=rediam&lr=lang\\_es](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnextoid=fe6d6d4c803c8310VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextchannel=07b47d087270f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnextfmt=rediam&lr=lang_es)
- Convención de Ramsar. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*. Gland, Suiza: Secretaría de la convención de Ramsar.
- Cony, N., Ferrer, N., & Cáceres, E. (2017). Dynamics of the phytoplankton community of an Argentine Pampean wetland in relation to water environmental variables. *Hidrobiológica*, 27(1), 93-102.
- Curtis, H., Barnes, S., Schnek, A., & Flores, G. (2006). *Invitación a la biología*. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
- De La Lanza, G. (1994). *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Baja California Sur, México : Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Des Abbayes, H., Chadeauf, M., Feldman, J., De Ferré, Y., Gausson, H., Prévot, a., & Prévot, A. (1989). *Botánica: vegetales inferiores*. Barcelona, España: Reverté.
- López, C., Leira, M., Valle, R., & Moyá, G. (2016). El fitoplancton como indicador de calidad de masas de agua muy modificadas en el DMA. El lago artificial de As Pontes (A Coruña . España). *Nova Acta Científica Compostelana (Bioxología)*, 23, 85-97.
- Maldonado, J., Solé, A., Puyen, Z., & Esteve, I. (2011). Selection of bioindicators to detect lead pollution in Ebro delta microbial mats, using high-resolution microcopic techniques. *Aquatic Toxicology*, 104, 135-144.
- Marín, R. (2020). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos*. Madrid, España: Díaz de Santos.



- Taboada, M., Martínez, S., Alderete, M., Gultemirian, M., & Tracanna, B. (2018). Evaluación del fitoplancton y la calidad del agua de un arroyo subtropical del Noroeste Argentino. *Bonplandia*, 27(2), 135-155.
- Vera, N., Marciales, L., Otero, A., Cruz, P., & Velasco, Y. (2011). Impacto del asociada a la producción de una explotación petrolera sobre la comunidad fitoperifítica del río Acacias (Meta, Colombia) durante la temporada de lluvias. *Orinoquia*, 15(1), 21-40.
- Elorza, G. (Ed.). (2005). Algas. *Gran enciclopedia estudiantil zamora*. Bogotá, Colombia: Zamora editores LTDA.
- Estevez, J. M. (2003). *Aspectos biológicos y químicos del alga roja gymnogongrus torulosus (Hooker et Harvey) Schmitz (Phyllophoraceae, Rhodophyta) (tesis postgrado)*. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Filipa, S., Didier, R., & Pareau, D. (2020). *Biofijación de CO2 por microalgas*. London, Reino Unido: ISTE Science Publishing.
- Franco, J., Delgado, V., & Sulca, L. (2019). Estudio cualitativo del fitoplancton de la laguna altoandina Paucarani-Tacna. *Ciencia y Desarrollo*(5), 106-112.
- Fraume, N. (2006). *Manual abecedario ecológico. La más completa guía de términos ambientales*. Bogotá, Colombia: San Pablo.
- Gómez, L. (2007). Microalgas: Aspectos ecológicos y biotecnológicos. *Revista Cubana de Química*, 19(2), 3-20.
- González, C., & Vallarino, A. (2014). Los bioindicadores ¿una alternativa real para la protección del medio ambiente? En C. González, A. Vallarino, J. Pérez, & A. Low, *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* (págs. 21-37). Chiapas, México: ECOSUR.
- Goyenola, G. 2007. Determinación del PH. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos (RED MAPSA). Guía para la utilización de las Valijas Viajeras.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F, México: McGRAW-HILL.

- Huanaco, J., Montoya, H., Castellanos, P., & Quiroz, R. (2018). Evaluación de la diversidad del fitoplancton de la laguna La Viuda (Lima, Perú) en agosto-noviembre 2016. *Arnaldoa*, 25(3), 1027-1040.
- IMARPE. (2003). Fitoplancton en el invierno 2003. *Informe IMARPE*, 35(2), 103-107.
- Ismiño, R., Montalván, G., García, A., Maco, J., Tello, S., Palacio, J. J., & Rodríguez, L. (2018). Comunidad fitoplanctónica de la cuenca del río Itaya en Loreto, Perú. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 29(3), 828-839.
- Jaramillo, J. A. (2004). *Biología*. Sevilla, España: Editorial Mad S.L.
- Juárez, E., Luján, R., Lara, M., Caro, J., Baltazar, T., & Vizcaíno, L. (2017). Contaminación ambiental y biodiversidad de fitoplancton en el Lago Cajititlán. *Revista salud ambiental*, 17(2), 130-138.
- Lanza, G., & Hernández, S. (2014). Organismos acuáticos como indicadores de cambios ambientales: características, elección, interpretación, monitoreo. Ventajas y desventajas. En C. González, A. Vallarino, J. Pérez, & A. Low, *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* (págs. 41-64). Chiapas, México: ECOSUR.
- Lanza, G., Hernández, S., & Carbajal, J. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. San Rafael, México: Plaza y Valdés.
- López, C., Leira, M., Valle, R., & Moyá, G. (2016). El fitoplancton como indicador de calidad de masas de agua muy modificadas en el DMA. El lago artificial de As Pontes (A Coruña, España). *Nova Acta Científica Compostelana (Bioxología)*, 23, 85-97.
- López, R. (2019). *El fitoplancton, básico para la vida en la Tierra*. Fundamento de los ecosistemas acuáticos: GACETA UNAM. Recuperado de <https://www.gaceta.unam.mx/el-fitoplancton-basico-para-la-vida-en-la-tierra/>
- Maciel, E., & Hernández, D. (2013). Especies de dinoflagelados atecados (Dinophyta) de la costa de Chiapas, sur del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(2), 245-259.

- Maciel, E. (2015). Dinoflagelados (Dinoflagellata) tóxicos de la costa de Chiapas, México, Pacífico centro oriental. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University*, 7(1), 39-48.
- Mason, C. (1984). *Biología de la contaminación del agua dulce*. Madrid, España: Alhambra.
- MINAM. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Recuperado de [https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub\\_ictio/MtodoscolectaidentificacinyanlisisdecomunidadeshidrobiolgicasMUSM-MINAMdic2014.pdf](https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_ictio/MtodoscolectaidentificacinyanlisisdecomunidadeshidrobiolgicasMUSM-MINAMdic2014.pdf)
- Montes, R., Gálvez, M., & Rivera, H. (2006). Fitoplancton de la Bahía de Sechura, Piura-2005. *Universalía*, 11(2), 57-65.
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Okogwu, O., & Ugwumba, A. (2013). Seasonal dynamics of phytoplankton in two tropical rivers of varying size and human impact in Southeast Nigeria. *Revista biología tropical*, 61(4), 1827-1840.
- Ordinola, O. (2017). *Fitoplancton superficial entre las coordenadas 03°23' y los 06°00'* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura. Perú.
- Özbay, H. (2011). Composition and abundance of phytoplankton in relation to physical and chemical variables in The Kars River, Turkey. *ØYTON*, 80, 85-92.
- Parra, D., Ramírez, M., & Hernández, D. (2011). Dinoflagelados (Dinophyta) de los órdenes Prorocentrales y Dinophysiales del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Rev. Biol. Trop*, 59(1), 501-514.
- Peña, E. J., Ospina, N., & Palacios, M. L. (2005). *Algas como indicadores de contaminación*. Cali, Colombia: Programa editorial Universidad del Valle.
- Peña, J. A. (2011). *Manual de histología vegetal*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

- Pinilla, G. (2000). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia*. Santafé de Bogotá, Colombia: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lazano.
- Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2003). *El agua en el medio ambiente*. Baja California, México: Plaza y Valdés.
- Revilla, G., & Zarra, I. (Edits.). (2013). *Fundamentos de la fisiología vegetal*. Madrid, España: Mcgraw-hill.
- Riofrío, J., Carrasco, F., & Clavo, M. (2003). Caracterización limnológica de la laguna de Cashibococha (Ucayali-Perú) durante el año 2001. *Rev.peru.biol*, 10(2), 183-194.
- Rojas, P., & Ortiz, J. (2007). Comportamiento del fitoplancton durante el evento ENOS en el océano Pacífico Colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*(6), 5-15.
- Samanez, I., & Zambrano, F. (1995). Observaciones sobre la diversidad y algunas características del plancton en el departamento de Madre de Dios. Perú. *Publ. Mus. Hist. nat (A)*, 51, 1-10.
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ing. Investig.*, 27(3), 172-181.
- Sánchez, Ó. (Ed.). (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México D.F, México: Instituto Nacional de Ecología.
- Santillán, S., & Guerrero, A. (2018). Macroinvertebrados y fitoplancton como bioindicadores de contaminación en la cuenca del río Chicama, Perú. *Tecnología en Marcha*, 31(4), 97-110.
- Segura, V., Cantoral, E., Israde, I., & Maidana, N. (2012). Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water quality in the Upper Lerma River, Mexico. *Hidrobiológica*, 22(1), 16-27.
- Taboada, M., Martínez, S., Alderete, M., Gultemirian, M., & Tracanna, B. (2018). Evaluación del fitoplancton y la calidad del agua de un arroyo subtropical del Noroeste Argentino. *Bonplandia*, 27(2), 135-155.

- Torres, D., Cáceres , S., & Roa, A. (2017). Utilización de microalgas de la división Chlorophyta en el tratamiento biológico de drenajes ácido de minas. *Rev. Colomb. Biotecnol.*, 19(2), 95-104.
- UNESCO. (2009). *Cianobacterias planctónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión*. Obtenido de <http://limno.fcien.edu.uy/divulgacion/manual.de.cianobacterias.pdf>
- Velázquez, M. (2007). *Uso de las diatomeas para la evaluación de la calidad del agua del río Turbio, afluente del río Lerma, México* (Tesis de maestría). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.
- Vélez , A., Lozano , S., & Cáceres , K. (2016). Diversidad de fitoplancton como indicador de calidad de agua en la cuenca baja del río Lurín, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 69-79.
- Vera, N., Marcialles, L., Otero, A., Cruz, P., & Velasco , Y. (2011). Impacto del asociada a la producción de una explotación petrolera sobre la comunidad fitoperifítica del río Acacias (Meta, Colombia) durante la temporada de lluvias. *Orinoquia*, 15(1), 21-40.
- Visviki, I., & Santikul, D. (2000). La tolerancia al pH de *Chlamydomonas applanata* (Volvocales, Chlorophyta). *Archivos de contaminación ambiental y toxicología*, 38(2), 147-151.
- Vizcaíno, L., Juárez, E., Caro, J., Baltazar, T., Luján, R., & Lara, M. (2017). Contaminación ambiental y biodiversidad de fitoplancton en el Lago Cajititlán. *Salud Ambiental*, 17(2), 130-138.
- Yovera, F. (2016). *Algas como parte del perifitón en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba-Piura* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura. Perú.

**CAPITULO VI. ANEXOS**

**ANEXO 1: Matriz de consistencia**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
<p><b>Problema principal</b></p> <p>¿La diversidad fitoplanctónica será bioindicador de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar la biodiversidad como objetivo de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>a) Identificar los grupos taxonómicos de fitoplancton y los parámetros de calidad por ecosistema acuático de Piura entre los años 2013-2018</p> <p>b) Sistematizar la composición fitoplanctónica en los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.</p> <p>c) Realizar mapa de distribución de los diversos grupos taxonómicos de los ecosistemas acuáticos en Piura, según los estudios realizados entre los años 2013-2018.</p> <p>d) Analizar la influencia de los grupos taxonómicos del fitoplancton con los parámetros de calidad en ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La diversidad fitoplanctónica es un bioindicador de la calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013-2018.</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>La investigación fue del tipo documental y descriptiva, ya que la presente investigación se sistematizó la información de diversos estudios de fitoplancton y parámetros de calidad de los ecosistemas acuáticos de Piura entre los años 2013 – 2018, centrándose e la comprobación de la hipótesis, determinando las causas para comprender el contexto e importancia.</p> <p><b>Nivel de investigación</b></p> <p>La presente investigación será una investigación documental y descriptiva.</p> <p><b>Metodología de la investigación</b></p> <p>En la presente investigación se empleará la codificación de datos, después de realizará el análisis cualitativo y, por último, para complementar se aplicará el análisis estadístico</p> <p><b>Diseño de la investigación</b></p> <p>El estudio planteado se basa en una investigación no experimental-descriptiva.</p> <p><b>Población</b></p> <p>la población del presente estudio está compuesta por los ecosistemas acuáticos de Piura.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>la muestra de la presente investigación está delimitada por 12 ecosistemas acuáticos, identificados de diferentes investigaciones recopiladas.</p> <p><b>Instrumentos</b></p> <p>El principal instrumento utilizado en la ficha de observación documental.</p>

## ANEXO 2: Lista de verificación

TITULO	AÑO DE ESTUDIO	GRUPO TAXONOMICO DE FITOPLANCTON	PARAMETROS FISICOQUIMICOS	CRITERIOS APLICADOS
Algas como parte del perifiton en los cuerpos de agua en el distrito Canchaque-Huancabamba – Piura.	2015	Chlorophyta, Cyanophyta, Bacillariophyta y Euglenophyta,	temperatura, pH	Lugar de estudio, año de estudio, hallazgo de grupo taxonómico, análisis de parámetros
Composición específica, diversidad, distribución y variación espacio temporal del fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos en el ecosistema del manglar de San Pedro, Vice, Piura. Noviembre 2014- octubre 2015.	2014-2015	Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Pyrrophyta, Ochrophyta	temperatura	Lugar de estudio, año de estudio, hallazgo de grupo taxonómico, análisis de parámetros
Composición y abundancia de diatomeas y dinoflagelado potencialmente tóxicos en la bahía de Sechura, departamento de Piura-Perú	2015	Bacillariophyta y Pyrrophyta	temperatura	Lugar de estudio, año de estudio, hallazgo de grupo taxonómico, análisis de parámetros
Fitoplancton superficial en la caleta Los Órganos-Talara	2015-2016	Bacillariophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta, Euglenophyta y Cyanophyta	temperatura, pH	Lugar de estudio, año de estudio, hallazgo de grupo taxonómico, análisis de parámetros
Fitoplancton superficial entre las coordenadas 03°23' y los 06°00' Latitud Sur.	2015-2016	Bacillariophyta, Pyrrophyta, Chrysophyta y Haptophyta	temperatura, pH	Lugar de estudio, año de estudio, hallazgo de grupo taxonómico, análisis de parámetros
Morfología y taxonomía de dinoflagelados tecados Peridinales Peridiniaceae en la represa Tahuin Oro, Ecuador y Poechos Sullana, Perú)	2017	Pyrrophyta	-	Lugar de estudio, año de estudio, hallazgo de grupo taxonómico, análisis de parámetros
Notas taxonómicas de Preperidinium Meunierii (Pavillard) Elbrachter 1993, en el norte de Perú.	2017	Pyrrophyta	-	Lugar de estudio, año de estudio, hallazgo de grupo taxonómico, análisis de parámetros
Tripos dens (Ostenfeld & Schmidt) F. Gómez 2013, en la costa norte del Perú.	2013	Pyrrophyta	temperatura	Lugar de estudio, año de estudio, hallazgo de grupo taxonómico, análisis de parámetros
Diversidad algal en el canal Daniel Escobar y la planta de tratamiento de agua potable Curumuy.	2013	Euglenophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Bacillariophyta y Pyrrophyta	temperatura, pH	Lugar de estudio, año de estudio, hallazgo de grupo taxonómico, análisis de parámetros
Microalgas en la laguna Los Patos, La Hora - Querecotillo, Sullana	2013-2014	Cyanophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta, Xantophyta, Bacillariophyta y Chlorophyta	temperatura, pH	Lugar de estudio, año de estudio, hallazgo de grupo taxonómico, análisis de parámetros

**ANEXO 3: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-1’**

Mes	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADOS
Mar-13	temperatura	20
	pH	7.45
Abr-13	temperatura	19
	pH	7.41
May-13	temperatura	20
	pH	7.44
Jun-13	temperatura	17
	pH	7.46
Jul-13	temperatura	25
	pH	7.47
Ago-13	temperatura	18
	pH	7.55
Set-13	temperatura	20
	pH	7.55
Oct-13	temperatura	19
	pH	7.64
Nov-13	temperatura	19
	pH	7.62
Dic-13	temperatura	20
	pH	7.68
Ene-14	temperatura	21
	pH	7.67
Feb-14	temperatura	22
	pH	7.73

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)



**ANEXO 4: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-2’**

MES	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADOS
Ene-13	temperatura	27.3
	pH	7.2
Feb-13	temperatura	27.5
	pH	7.5
Abr-13	temperatura	26.5
	pH	7.3
May-13	temperatura	24.6
	pH	7.8
Jun-13	temperatura	23.3
	pH	7.5

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 5: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-3’**

MES	PARÁMETRO DE CALIDAD	RESULTADO
Jul-13	temperatura	22

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 6: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-6’, P1**

MES	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADOS
May-15	temperatura	23.7
	pH	7.8
Jun-15	temperatura	22.7
	pH	8
Jul-15	temperatura	26.3
	pH	7.8

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 7: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-6’, P2**

MES	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADOS
May-15	temperatura	24.6
	pH	7.8
Jun-15	temperatura	23.3
	pH	7.6
Jul-15	temperatura	26.5
	pH	7.8

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 8: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-6’, P3**

MES	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADOS
May-15	temperatura	24.4
	pH	7.6
Jun-15	temperatura	23.8
	pH	7.5
Jul-15	temperatura	26.4
	pH	7.8

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 9: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-7’**

MES	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADO
Dic-15	temperatura	26
	pH	7.57
Feb-16	temperatura	26.2
	pH	7.65
Mar-16	temperatura	26.3
	pH	7.54
May-16	temperatura	21.8
	pH	7.68
Jun-16	temperatura	22.4
	pH	7.63
Jul-16	temperatura	22.6
	pH	8.04

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 10: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-8’**

MES	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADOS
Ene-15	temperatura	21
Feb-15	temperatura	22
Mar-15	temperatura	24
Abr-15	temperatura	23
May-15	temperatura	21
Jun-15	temperatura	21

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 11: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-9’**

MES	PARÁMETRO DE CALIDAD	RESULTADOS
Ene-15	temperatura	22.8
Feb-15	temperatura	28.2
Mar-15	temperatura	30.2
Abr-15	temperatura	25.4
May-15	temperatura	25.7
Jun-15	temperatura	24.4
Jul-15	temperatura	23.2
Ago-15	temperatura	23.1
Set-15	temperatura	23.6
Oct-15	temperatura	24.8

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 12: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-10’,**

**Canchaque**

MES	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADOS
Feb-15	temperatura	28.4
	pH	7.69
Mar-15	temperatura	26
	pH	7.33
Abr-15	temperatura	23.4
	pH	7.4
May-15	temperatura	22.3
	pH	7.61
Jun-15	temperatura	18.5
	pH	8.4
Jul-15	temperatura	23.5
	pH	7.53

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 13: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-10’,**

**Maraypampa**

MES	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADOS
Feb-15	temperatura	15.9
	pH	7.71
Mar-15	temperatura	13.7
	pH	8.45
Abr-15	temperatura	18.6
	pH	6.92
May-15	temperatura	11.9
	pH	7.51
Jun-15	temperatura	18.7
	pH	6.05
Jul-15	temperatura	18.4
	pH	6.83

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 14: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-10’,**

**Coyona**

MES	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADOS
Feb-15	temperatura	19.4
	pH	6.8
Mar-15	temperatura	18.7
	pH	6.05
Abr-15	temperatura	19.2
	pH	6.4
May-15	temperatura	17.8
	pH	6.29
Jun-15	temperatura	21.1
	pH	6.49
Jul-15	temperatura	18.9
	pH	6.11

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

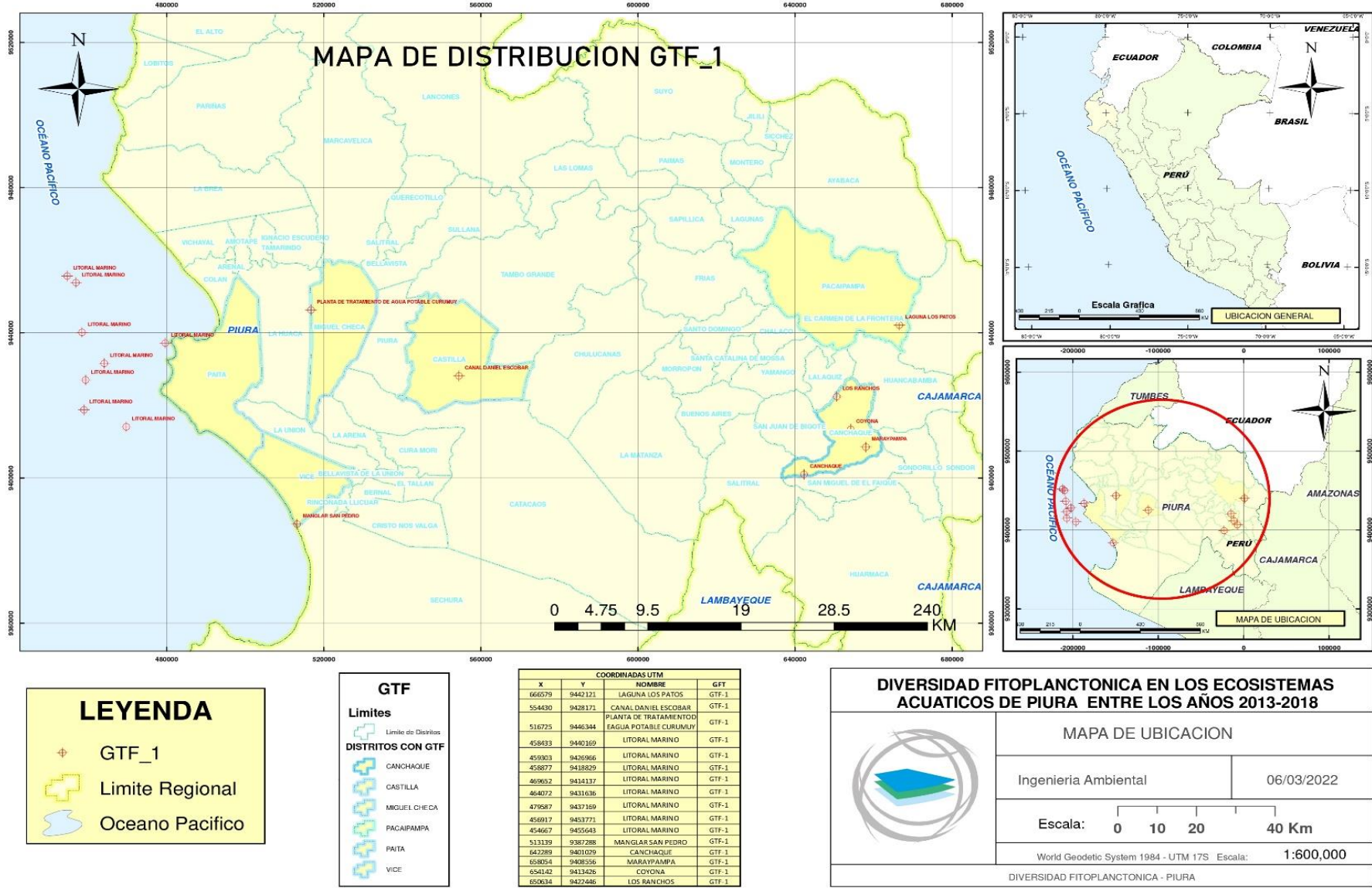
**ANEXO 15: Tabla de resultados de parámetros de calidad de la investigación ‘I-10’,**

**Los Ranchos**

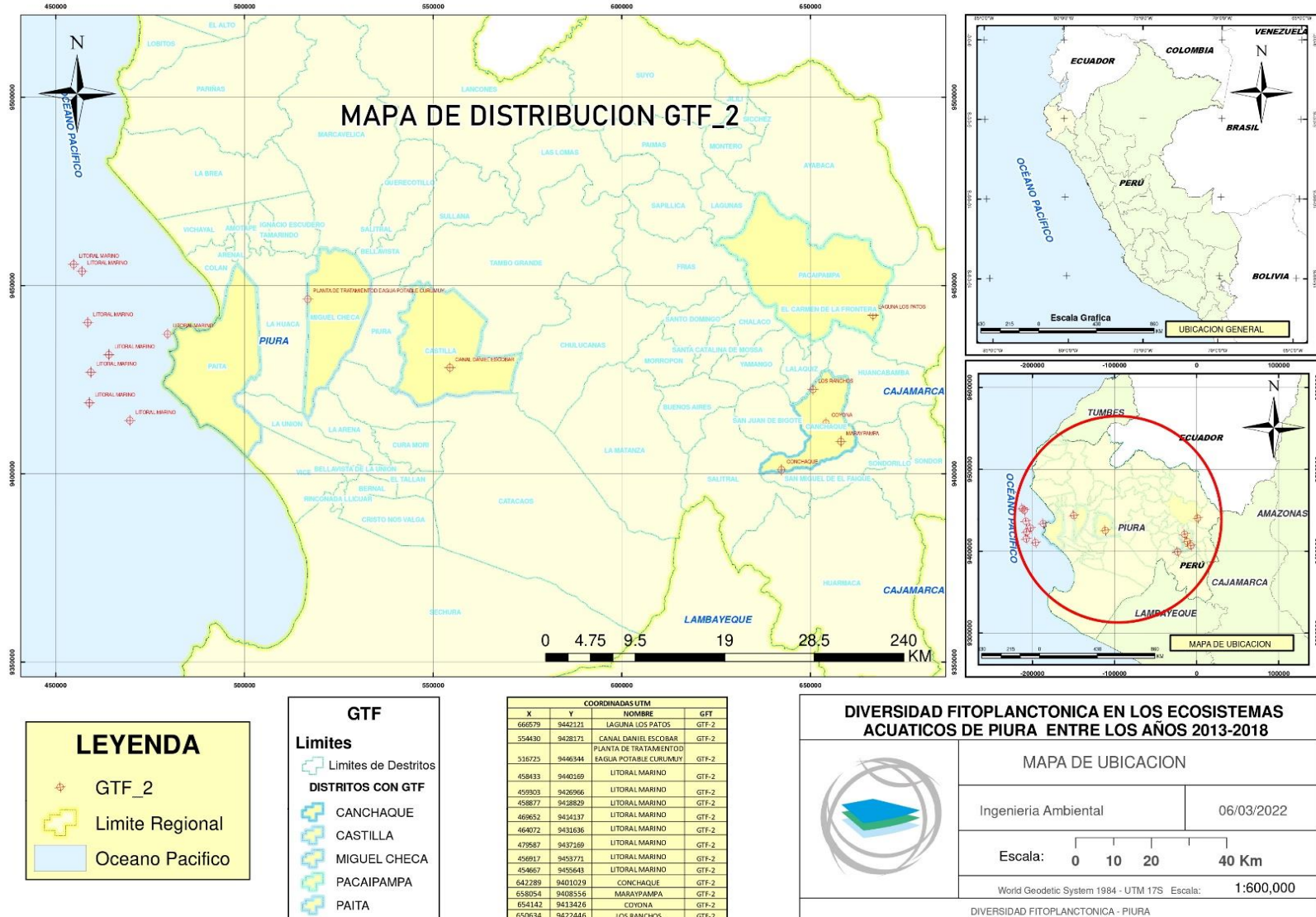
MES	PARÁMETROS DE CALIDAD	RESULTADOS
Feb-15	temperatura	18.3
	pH	7.21
Mar-15	temperatura	18.5
	pH	7.24
Abr-15	temperatura	18.2
	pH	6.97
May-15	temperatura	25.7
	pH	7.22
Jun-15	temperatura	24.4
	pH	6.88
Jul-15	temperatura	25.3
	pH	6.99

La unidad de la temperatura es grados Celsius (°C)

**ANEXO 16: Mapa de distribución GTF-1**

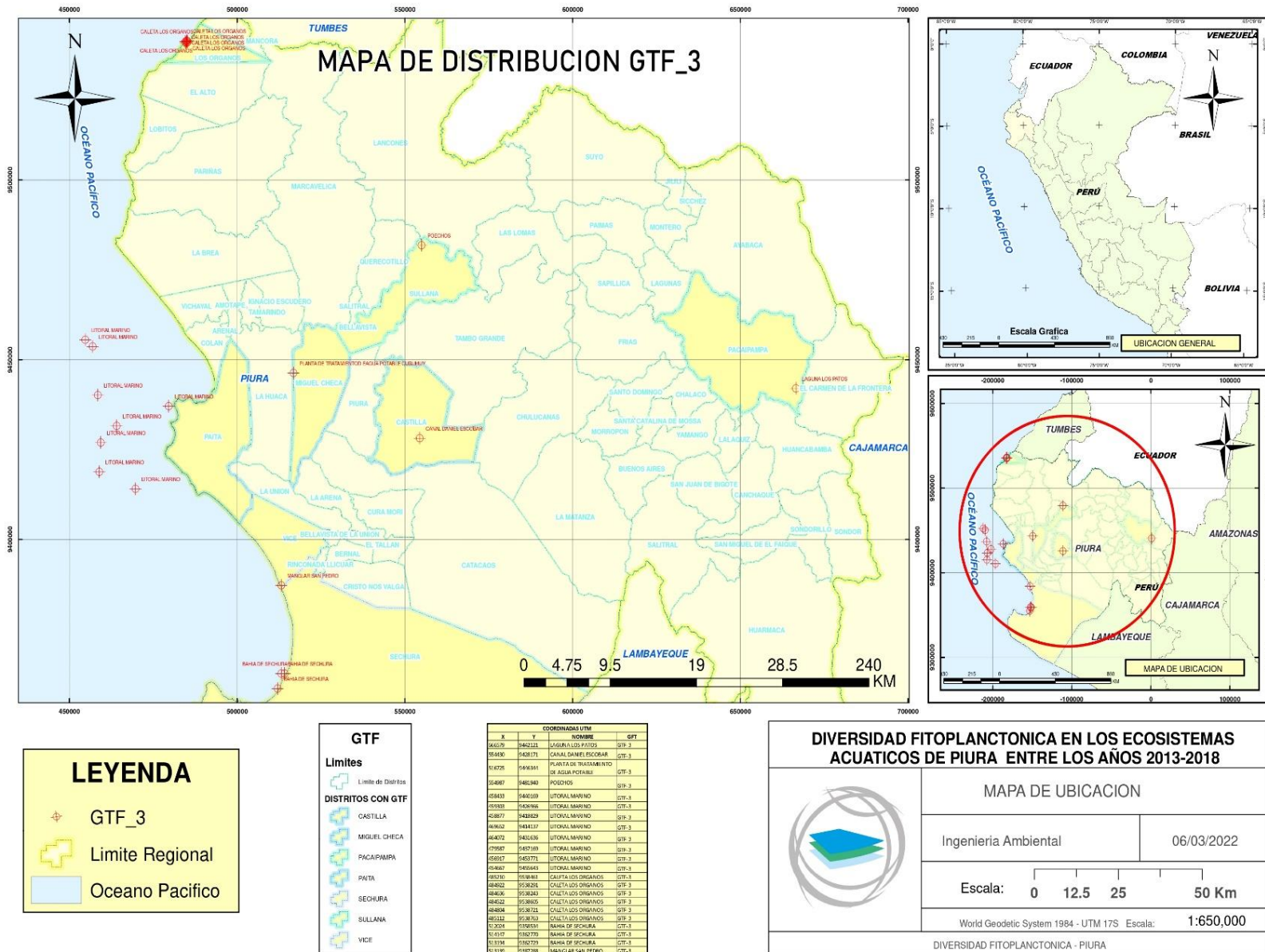


**ANEXO 17: Mapa de distribución GTF-2**

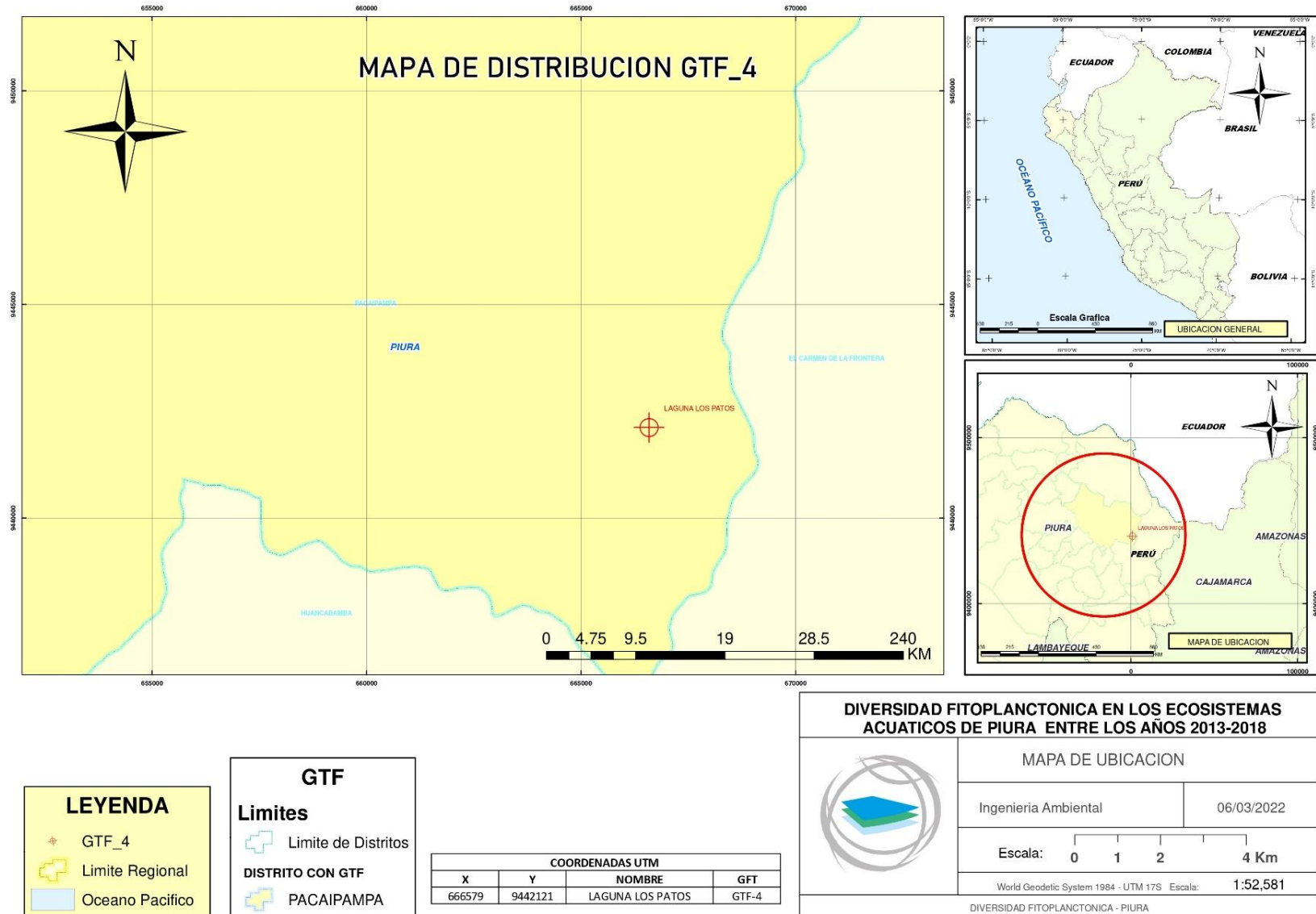




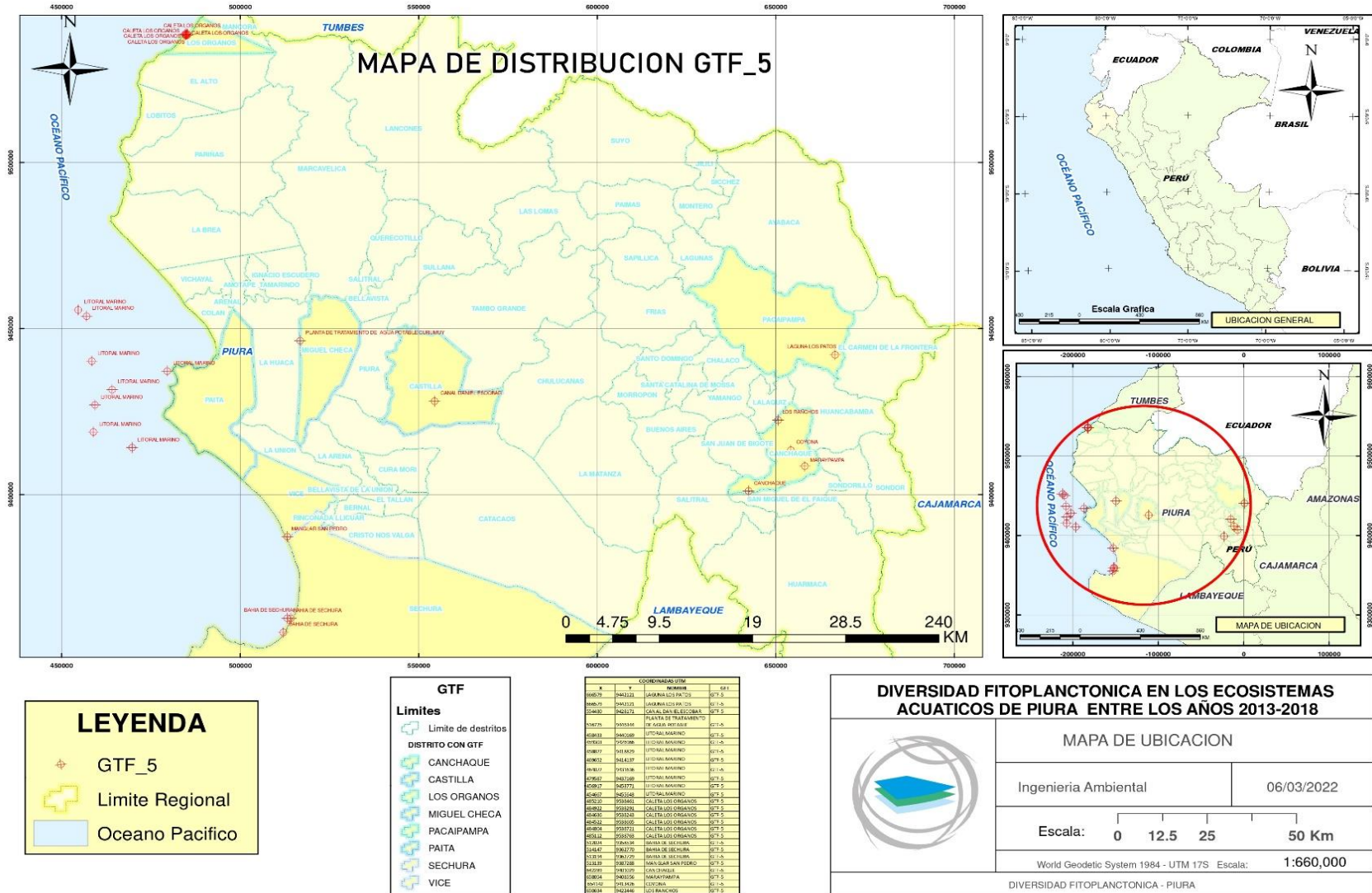
**ANEXO 18: Mapa de distribución GTF-3**



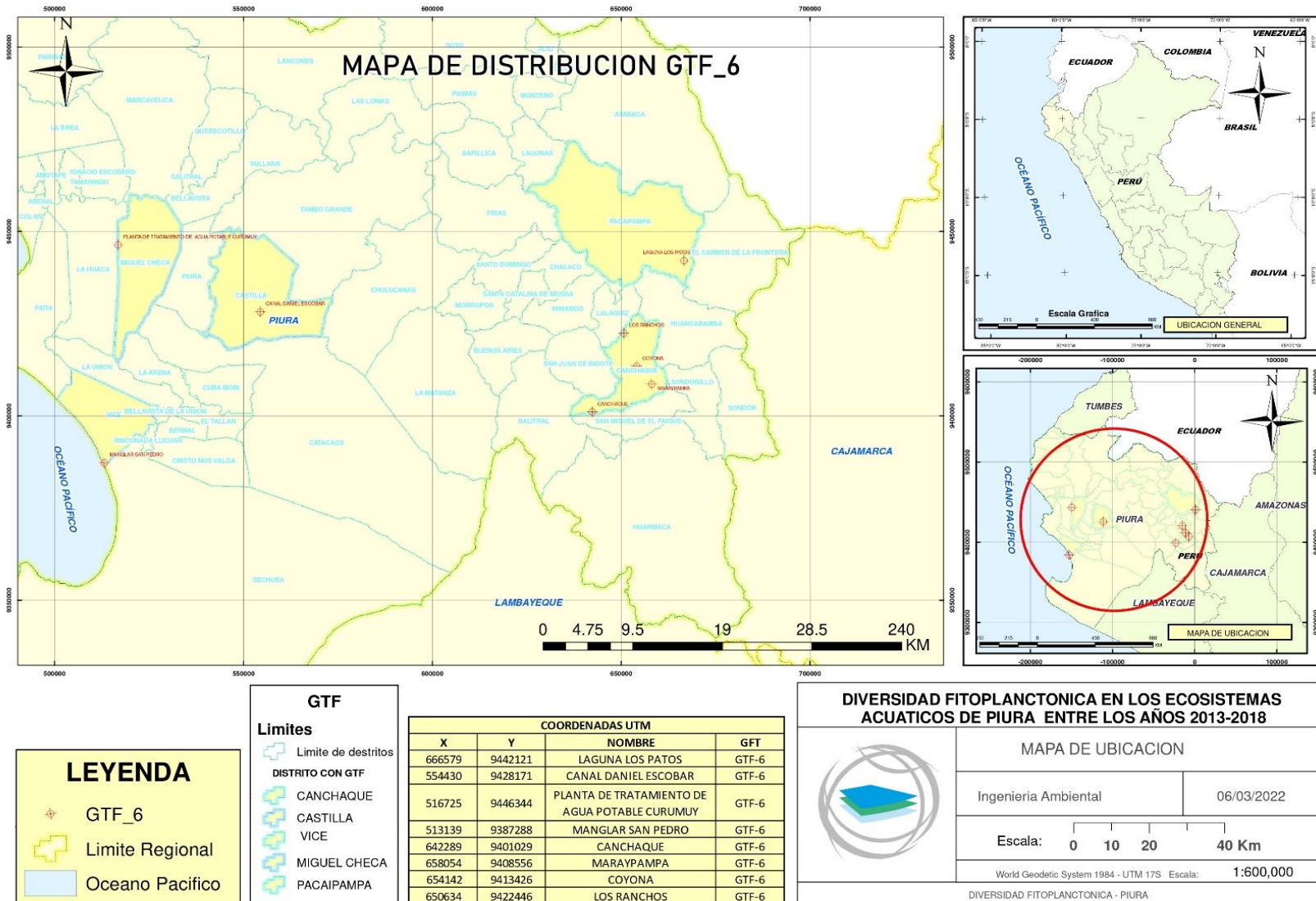
### ANEXO 19: Mapa de distribución GTF-4



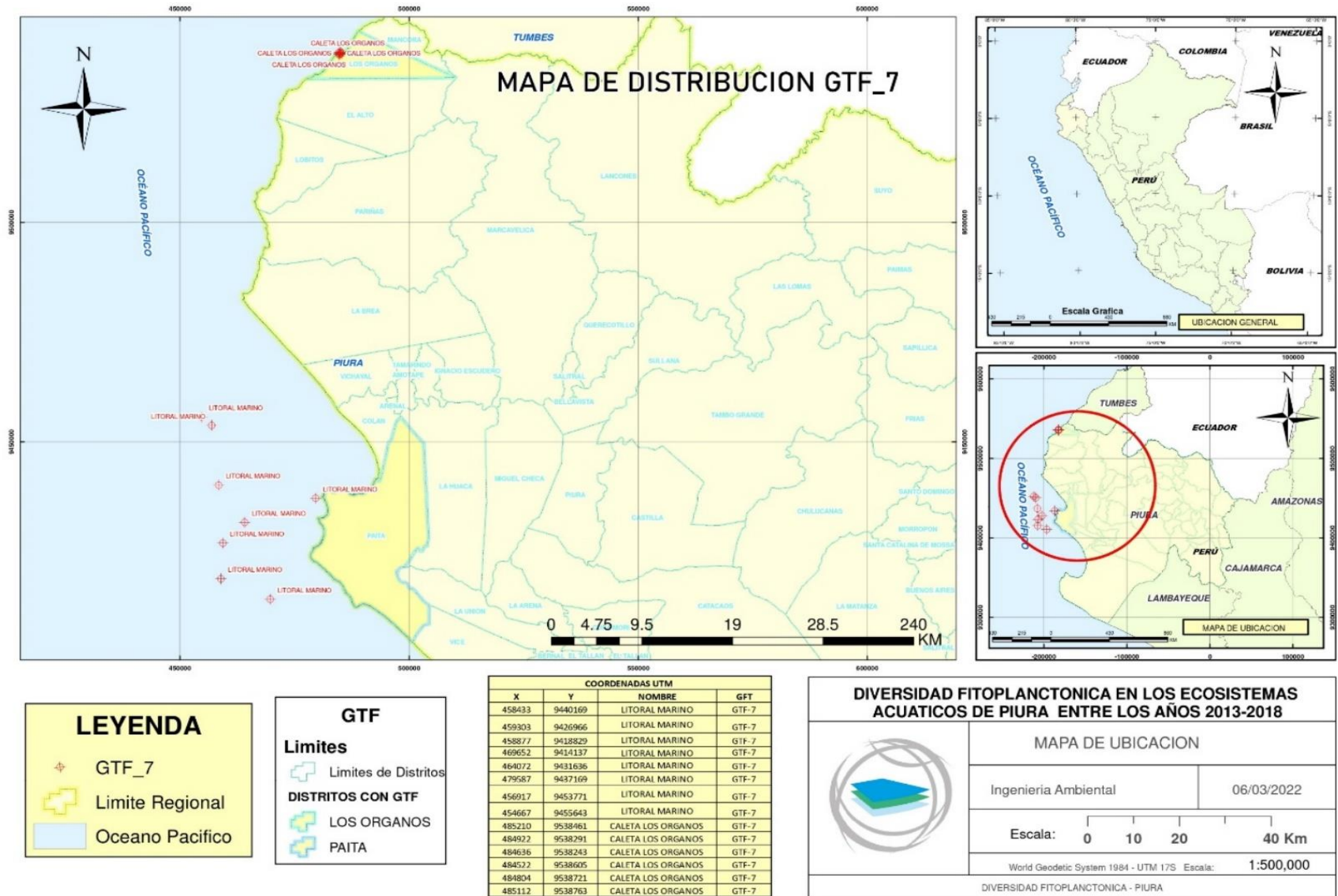
**ANEXO 20: Mapa de distribución GTF-5**



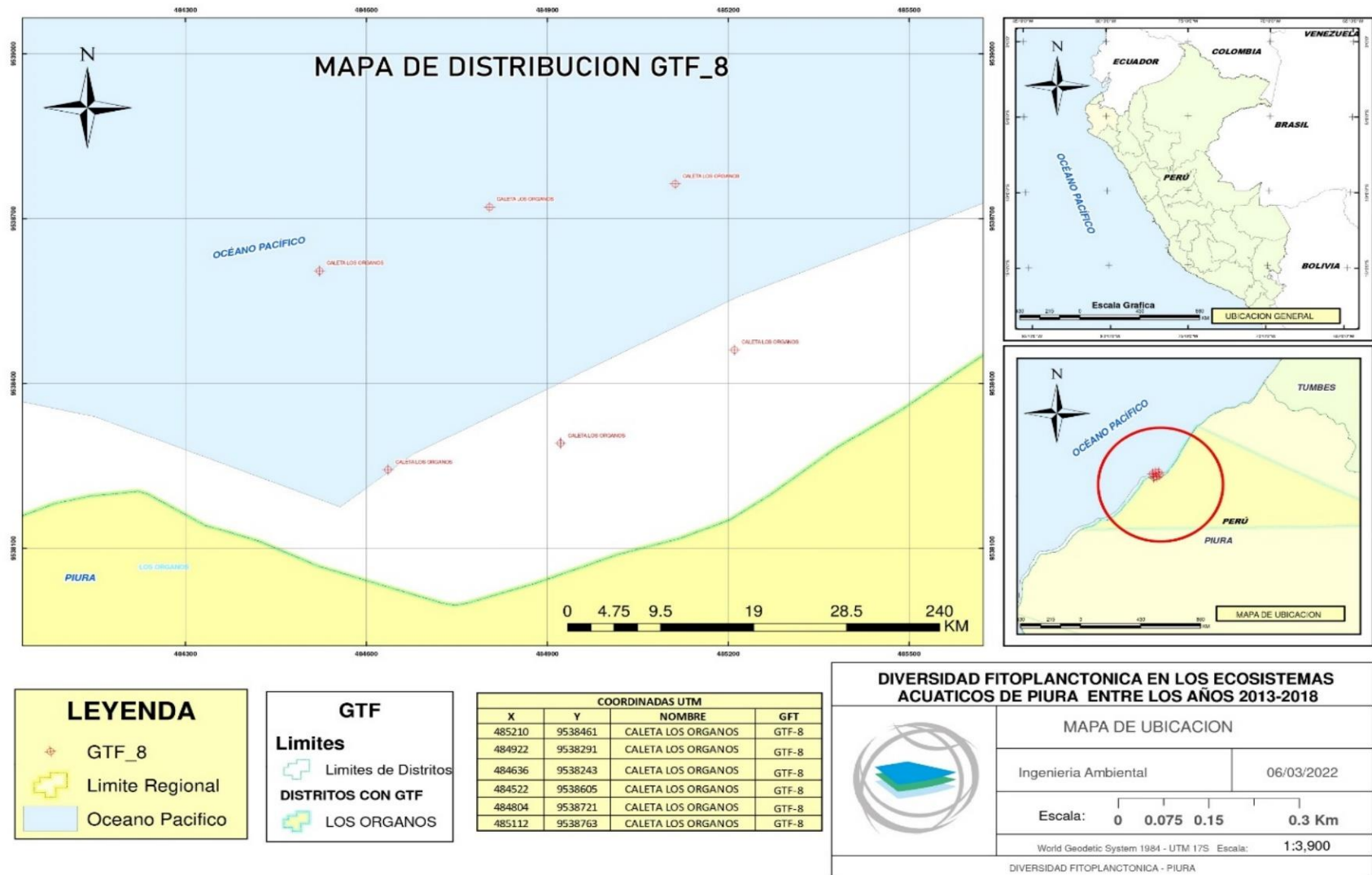
**ANEXO 21: Mapa de distribución GTF-6**



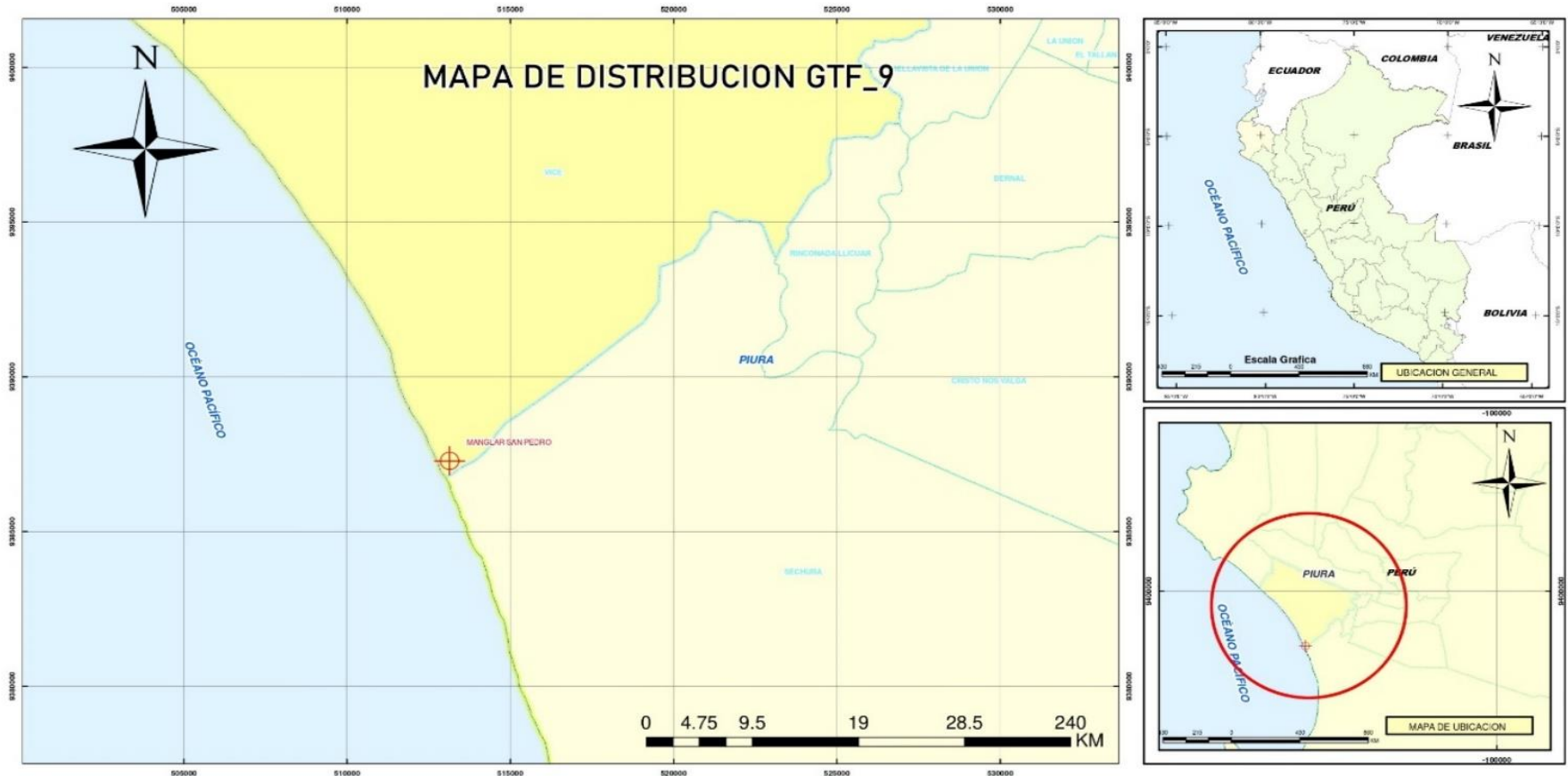
**ANEXO 22: Mapa de distribución GTF-7**



**ANEXO 23: Mapa de distribución GTF-8**



**ANEXO 24: Mapa de distribución GTF-9**



**LEYENDA**

- GTF\_9
- Limite Regional
- Oceano Pacifico

**GTF**

**Limites**

- Limite de Distritos

**DISTRITO CON GTF**

- VICE

COORDENADAS UTM			
X	Y	NOMBRE	GTF
513139	9387288	MANGLAR SAN PEDRO	GTF-9

**DIVERSIDAD FITOPLANCTONICA EN LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS DE PIURA ENTRE LOS AÑOS 2013-2018**

**MAPA DE UBICACION**

Ingeniería Ambiental 06/03/2022

Escala: 0 1.5 3 6 Km

World Geodetic System 1984 - UTM 17S Escala: 1:82,157

DIVERSIDAD FITOPLANCTONICA - PIURA

**ANEXO 25: Mapa de distribución GTF-10**

