

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Impacto del vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales
en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-Distrito de Simón
Bolívar –Provincia de Pasco-2018**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Ambiental**

Autor: Bach. Dorimey Estefany MATEO ESCOBAR

Asesor: Ing. Lucio ROJAS VITOR

Cerro de Pasco - Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Impacto del vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales
en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-Distrito de Simón
Bolívar –Provincia de Pasco-2018**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO
PRESIDENTE

Mg. Rosario Marcela VASQUEZ GARCIA
MIEMBRO

Mg. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY
MIEMBRO

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer. A mis padres que, con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

RECONOCIMIENTO

A la Ciudad de Cerro de Pasco por ser la Tierra que me acobijo y formarme dentro de ella como profesional.

RESUMEN

A fin de cumplir con el Reglamento de Grados y Títulos de la facultad de Ingeniería de nuestra “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión”, me permito a presentar la Tesis Intitulada **“IMPACTO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS E INDUSTRIALES EN LAS COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS DEL RÍO SAN JUAN-DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR –PROVINCIA DE PASCO-2018”** con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Los ensayos con algas han sido reconocidos por las autoridades reguladoras como relevantes y sensibles, considerándose indicadores primarios de contaminación, El río San Juan está siendo afectado por la industria minera y domestica afectando su calidad fitoplanctónica, y a la fecha no se conoce su calidad fitoplanctónica a fin de determinar su calidad de estas aguas.

La presente investigación tiene como objetivo determinar la afectación del vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades Fitoplanctónica del río San Juan-distrito de Simón Bolívar –provincia de Pasco-2018.

Finalizada la investigación se pudo determinar que las especies de Comunidad Fitoplanctónica (algas microscópicas) presente en el río San Juan son las especies de: Diatomea y Spirogyra, la diferencia de estas especies, por experiencia la especie Spirogyra son más sensibles, estas especies a la presencia de aguas residuales domésticas e industriales tiende a disminuir o ser nulo en su número de individuos, al contrario la especie de Diatomea son más resistentes a la presencia de aguas residuales domésticas e industriales.

Palabras clave: Río San Juan, Aguas Residuales Domésticas e Industriales.

ABSTRACT

In order to comply with the Regulation of Degrees and Titles of the Faculty of Engineering of our "National University Daniel Alcides Carrión", I allow myself to present the Thesis entitled "IMPACT OF THE WASTE OF DOMESTIC AND INDUSTRIAL WASTEWATER IN THE PHYTOPLANKTONAL COMMUNITIES OF THE SANRIVER JUAN-DISTRICT OF SIMÓN BOLÍVAR -PROVINCE OF PASCO-2018 "with the purpose of opting for the Professional Title of Environmental Engineer.

The tests with algae have been recognized by the regulatory authorities as relevant and sensitive, considering themselves primary indicators of contamination, the San Juan River is being affected by the mining and domestic industry affecting its phytoplankton quality, and to date its phytoplankton quality is not known. order to determine their quality of these waters.

The objective of the present investigation is to determine the effect of the discharge of domestic and industrial wastewater in the Phytoplankton communities of the San Juan River-Simón Bolívar District-Province of Pasco-2018.

After the investigation it was determined that the species of the phytoplanktonic community (microscopic algae) present in the San Juan river are the species of: Diatoma and Spirogyra, the difference of these species, by bibliographic experience and by the exposed in the background the species Spirogyra They are more sensitive, these species to the presence of domestic and industrial wastewater tends to decrease or be null in their number of individuals, on the contrary the Diatom species are more resistant to the presence of domestic and industrial wastewater.

Keywords: San Juan River, Domestic and Industrial.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la presente investigación (Río San Juan) está a 7 Km de la ciudad de Cerro de Pasco, a 25 km aproximadamente al Norte del Lago de Junín y con una altitud promedio de 4250 msnm.

Para determinar el impacto del vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar, se identificó 5 puntos de monitoreo esto en base al vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales ubicados en el río San Juan.

La investigación tiene como referencia el antecedente realizado por Hugo A. Yucra & Pedro M. Tapia (2008) del Laboratorio de Ecofisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Lima, Universidad Nacional Federico Villarreal. El Uso de Microalgas Como Bioindicadoras de Polución Orgánica en Brisas de Oquendo. Callao, Perú, donde menciona. Una serie de charcos de aguas estancadas frente a la urbanización Brisas de Oquendo, Callao, Perú, provee una gran oportunidad de estudiar la composición de algas en ambientes polucionados. Se realizó una caracterización de las especies desde mayo a septiembre del 2005, colectándose muestras cualitativas de plancton y sedimento superficial. Se identificaron los taxa indicando su abundancia relativa y nivel de saprobiedad. En total se identificaron 22 especies las cuales se distribuyeron en las siguientes divisiones: Bacillariophyta (14 especies), seguidas de las Cyanophyta (4 especies), Chlorophyta (2 especies) y Euglenophyta (2 especies). Las especies dominantes fueron *Chlamydomonas ehrenbergi* y *Euglena viridis*, las cuales formaron floraciones algales durante todo el período de muestreo. En las especies codominates tenemos a: *Nitzschia linearis*, *Nitzschia solita*, *Nitzschia fonticola*, *Oscillatoria tenuis* y *Lyngbya sp.* La asociación algal sugiere que estas aguas varían de

â-mesosaprobia a polisaprobia, demostrando así la importancia del uso de estas especies tolerantes a la polución orgánica en estudios de calidad de agua.

La Autora.

ÍNDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Identificación y determinación del problema	1
1.2	Delimitación de la investigación	3
1.3	Formulación del problema.....	3
	1.3.1. Problema Principall	3
	1.3.2. Problemas Específicos:	3
1.4	Formulación de objetivos.....	4
	1.4.1. Objetivo General.....	4
	1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5	Justificación de la investigación.....	4
1.6	Limitaciones de la investigación	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de estudio.....	6
2.2	Bases teóricas científicas	9
2.3	Definición de términos básicos:	23
2.4	Formulación de hipótesis.....	26
	2.4.1. Hipótesis General.....	26

2.4.2. Hipótesis Específicas	26
2.5. Identificación de las variables	26
2.5.1. Variable Independiente	26
2.5.2. Variable Dependiente.....	26
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	27

CAPÍTULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1 Tipo de investigación.....	28
3.2 Métodos de investigación.....	28
3.3 Diseño de investigación.....	29
3.4 Población y muestra	29
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.6. Técnicas de procesamientos y análisis de datos.....	34
3.7. Tratamiento estadístico	34
3.8. Selección y validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación... 34	
3.9. Orientación ética.....	34

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo.....	35
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	44
4.3 Prueba de hipótesis.....	60
4.4 Discusión de resultados	60

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla N° 01. Tipos de Plancton según su tamaño.....	10
Tabla N° 02. Valor del Índice.....	17
Tabla N° 03. Definición Operacional de Variables e Indicadores.....	27
Tabla N° 04. Ubicación de los Puntos de Monitoreo de las Comunidades Fitoplanctónica del Río San Juan.....	36
Tabla N° 05. Resultados de los Parámetros Físicos.....	44
Tabla N° 06. Resultados de Comunidad Fitoplanctónica.....	49
Tabla N° 07. Valores de sensibilidad y variabilidad del Índice Diatómico Genérico...	57
Tabla N° 08: Resultado de Índice de Polusensibilidad Específica (IPS).....	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Resultado del Parámetro pH.....	45
Gráfico N° 02: Resultado del Parámetro Conductividad Eléctrica.....	45
Gráfico N° 03: Resultado del Parámetro Oxígeno Disuelto.....	45
Gráfico N° 04: Abundancia de la Comunidad Fitoplanctónica-Río San Juan.....	49
Gráfico N° 05: Calidad de Agua en el Río San Juan.....	59

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 01: Clasificación del Fitoplancton.....	12
Imagen N° 2: Toma de Muestra del PM-01.....	38

Imagen N° 3: Toma de Muestra del PM-02.....	38
Imagen N° 4: Toma de Muestra del PM-03.....	39
Imagen N° 5: Toma de Muestra del PM-04.....	39
Imagen N° 6: Toma de Muestra del PM-05.....	39
Imagen N° 7: Medición de Parámetros de Campo- PM-01.....	40
Imagen N° 8: Medición de Parámetros de Campo- PM-03.....	41
Imagen N° 9: Extracción de Muestra con el uso de Pipeta.....	42
Imagen N° 10: Tendido de Muestra en Porta Objeto.....	42
Imagen N° 11: Colocado de Muestra en el Microscopio.....	43
Imagen N° 12: Observación de la Presencia de Comunidades Fitoplanctónicas (algas).....	43
Imagen N° 13: Vista de la Presencia de Comunidades Fitoplanctónicas (algas) en el Microscopio.....	43
Imagen N° 14: Resultados del Parámetro de Campo-PM-01.....	47
Imagen N° 15: Resultados del Parámetro de Campo-PM-02.....	48
Imagen N° 16: Diferencia entre las Algas Microscópicas Diatomea y Spirogyra.....	49
Imagen N° 17: Punto de Monitoreo PM-01-Vista de la Especie Spirogyra.....	52
Imagen N° 18: Punto de Monitoreo PM-01-Vista de la Especie Diatomea.....	52
Imagen N° 19: Punto de Monitoreo PM-02-Vista de la Poca Población de Fitoplanctónica.....	52
Imagen N° 20: Punto de Monitoreo PM-03-Vista de la Especie Diatomea.....	53
Imagen N° 21: Punto de Monitoreo PM-03-Vista de la Especie Spirogyra.....	53
Imagen N° 22: Punto de Monitoreo PM-04-Vista de la Especie Diatomea.....	53

Imagen N° 23: Punto de Monitoreo PM-04-Vista de la Especie Spirogyra.....54

Imagen N° 24: Punto de Monitoreo PM-05-Vista de la Especie Diatomea.....54

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 01: Mapa de Localización y Ubicación de la Zona de Estudio31

Mapa N° 02: Ubicación del Río San Juan-Pasco37

Mpa N° 03: Ubicación de los Puntos de Monitoreo37

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

En las últimas décadas el mundo ha venido mostrando preocupación y está tratando de resolver los problemas relacionados con la disposición de los efluentes provenientes del uso doméstico e industrial.

La primera prioridad que demanda una comunidad es el suministro del agua, con calidad adecuada y cantidad suficiente. Ya logrado este objetivo, surge otro no menos importante que consiste en la adecuada eliminación de las aguas ya utilizadas que se convierten en potenciales vehículos de muchas enfermedades y alteraciones al medio ambiente.

La falta o mal funcionamiento de plantas de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades, industrias, hoteles, explotaciones mineras, agrícolas y ganaderas, ocasionan grandes vertidos de aguas contaminadas que hacen mucho daño al medio ambiente. La mayoría de esas aguas son descargadas en los ríos, lagos, mares,

suelos, a cielo abierto o en el subsuelo, a través de los llamados pozos sépticos y rellenos sanitarios.

Las fuentes de agua (ríos, acuíferos, lagos, mar), han sido incapaces por sí mismas para absorber y neutralizar esta carga contaminante, y por ello estas masas de agua han perdido sus condiciones naturales de apariencia física y su capacidad para sustentar una vida acuática adecuada, que responda al equilibrio ecológico que de ellas se espera para preservar los cuerpos de agua. Como resultado, pierden aquellas condiciones mínimas que les son exigidas para su racional y adecuado aprovechamiento como fuentes de abastecimiento de agua, como vías de transporte o fuentes de energía.

En los sistemas acuáticos las microalgas constituyen el primer eslabón de la cadena trófica. En su condición de productor primario, el fitoplancton permite la entrada de energía al ecosistema, regula el régimen gaseoso y tiene acción depuradora, por lo que se considera uno de los indicadores más importantes de las alteraciones del medio marino (Loza, 1994). Los ensayos con algas han sido reconocidos por las autoridades reguladoras como relevantes y sensibles, considerándose indicadores primarios de contaminación (Fargašová, 1997).

El río San Juan de igual forma está siendo afectado por la industria minera desde inicios de las operaciones mineras que se remonta a los años de 1920 en adelante, específicamente por los vertimientos de las empresas mineras Cerro SAC y Compañía Minera Aurex y los vertimientos domésticos que generan las poblaciones de Chaupimarca, Paragsha, Mariátegui y Quiulacocha estas tres últimas de perteneciente al distrito de Simón Bolívar afectando en su calidad fitoplanctónica, a la fecha no se conoce la calidad fitoplanctónica.

1.2 Delimitación de la investigación

El fitoplancton se encuentra en la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que sirve de alimento a organismos mayores; es decir realiza la parte principal de la producción primaria en los ambientes acuáticos, sobre todos los animales marinos.

Pero además de eso, el fitoplancton es el responsable original de la presencia de oxígeno (O₂) en la atmósfera y en el agua. La fotosíntesis oxigénica apareció evolutivamente con las cianobacterias, antepasados además de los plastos de las algas eucarióticas. Lo cual es más importante, ya que estos seres vivos representan la calidad del agua.

La delimitación de la investigación es en las poblaciones asentadas cerca de la zona de vertimientos en el río Ragra y Río San Juan, ubicadas en el distrito de Simón Bolívar-Provincia de Pasco.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema Principal:

¿Cómo impacta el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar –Provincia de Pasco-2018?

1.3.2 Problemas Específicos:

1.3.2.1 ¿Cuál es la zona de impacto directo sobre la comunidad fitoplanctónica a partir del punto de vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales?

1.3.2.2 ¿Cuál es el número de las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar –provincia de Pasco-2018?

1.3.2.3 ¿Cuáles son las comunidades fitoplanctónicas presentes en el río San Juan-distrito de Simón Bolívar –provincia de Pasco-2018?

1.4 Formulación de objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar el impacto de los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar –provincia de Pasco-2018.

1.4.2 Objetivos Específicos

1.4.2.1 Determinar la zona de impacto directo sobre la población fitoplanctónica a partir del punto de vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales.

1.4.2.2 Determinar el número de las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar –provincia de Pasco-2018.

1.4.2.3 Determinar las comunidades fitoplanctónicas presentes en el río San Juan-distrito de Simón Bolívar –Provincia de Pasco-2018.

1.5 Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

Por medio de la presente investigación buscamos generar información del impacto de los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan puesto que en el Perú el índice de Polusensibilidad (IPS) de las comunidades fitoplanctónicas no están considerada como un indicador de la calidad de agua en la normativa peruana.

1.5.2. Justificación Metodológica

La metodología usada para determinar el impacto de los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan consistió en la toma de muestra en el río y posteriormente se realizó el análisis en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental a fin de evaluar la presencia de las comunidades fitoplanctónicas y posteriormente interpretar los resultados.

1.5.3 Justificación Ambiental

La presente investigación está justificada ya que el trabajo a estudiar es la composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica del río San Juan ubicado en el distrito de Simón Bolívar y hacer una bioevaluación del impacto de la contaminación sobre ésta, considerando a seres vivos acuáticos, a la fecha no se tiene este tipo de estudio en el río San Juan.

1.6 Limitaciones de la investigación

1.6.1 La falta de marco normativo nacional para el muestreo y análisis de resultados.

1.6.2 Limitación en equipos e instalaciones, para el desarrollo de los análisis.

1.6.3 Falta de laboratorios certificados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

Para la presente investigación tenemos 2 antecedentes nacionales y 1 internacional, estos antecedentes se asimilan a la investigación que presento, donde se detalla a continuación:

2.1.1 Lesly Pozo S, 2018. Evaluación de la calidad biótica utilizando los índices de saprobiedad en las aguas del río tingo de los distritos de Yanacancha, Yarusyacán y Pallanchacra - provincia de Pasco -2017. Esc. de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental, Fac. de Ingeniería, Univ. Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, Perú. Tesis.

La microcuenca del Río Tingo, es uno de los varios recursos hídricos con que cuenta la región Pasco., ignorando su calidad que es objeto de nuestro estudio. En la naciente del río Tingo se encuentran ubicadas grandes depósitos de desmontes mineros, producto de la actividad de la empresa

minera Cerro SAC. En esta zona también son depositados los residuos sólidos generados en la ciudad de Cerro de Pasco.

Sin embargo, se presume que este curso de agua tiene altas concentraciones de sustancias contaminantes las cuales son susceptibles de determinar en forma biológica a través de los índices de saprobiedad razón de ser del presente estudio. Los estudios con usos de especies bióticas en nuestros ríos son prácticamente nuevos y es necesario la profundización en su estudio, motivo por el cual la propuesta de esta investigación en río Tingo.

Por lo cual el objetivo de la presente investigación es evaluar la calidad biótica de las aguas del río tingo de los Distritos de Yanacancha, Yarusyacan y pallanchacra, utilizando como medida de comprobación los índices saprobiedad; en el cual el método empleado fue la realización de muestreo de parámetro físicos en campo, seguidamente de la realización de análisis de muestras en laboratorio y la interpretación de estos.

Finalizada la investigación pudimos concluir utilizando los índices de saprobiedad que la calidad biótica y calidad de agua al inicio de la cuenca se ve alterada bióticamente y en su calidad de agua, por lo que a medida de su recorrido por debajo del Km 10 se autodepura y mejora su calidad.

2.1.2 Hugo A. Yucra & Pedro M Tapia. 2008. El Uso de Microalgas Como Bioindicadoras de Polución Orgánica en Brisas de Oquendo, Callao, Perú. Artículo. Lab. de Ecofisiología Vegetal, Fac. de Ciencias Naturales y Matemática, Univ. Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. Artículo.

Una serie de charcos de aguas estancadas frente a la urbanización Brisas de Oquendo, Callao, Perú, provee una gran oportunidad de estudiar la

composición de algas en ambientes polucionados. Se realizó una caracterización de las especies desde mayo a septiembre del 2005, colectándose muestras cualitativas de plancton y sedimento superficial. Se identificaron los taxa indicando su abundancia relativa y nivel de saprobiedad. En total se identificaron 22 especies las cuales se distribuyeron en las siguientes divisiones: Bacillariophyta (14 especies), seguidas de las Cyanophyta (4 especies), Chlorophyta (2 especies) y Euglenophyta (2 especies). Las especies dominantes fueron *Chlamydomonas ehrenbergi* y *Euglena viridis*, las cuales formaron floraciones algales durante todo el período de muestreo. En las especies codominates tenemos a: *Nitzschia linearis*, *Nitzschia solita*, *Nitzschia fonticola*, *Oscillatoria tenuis* y *Lyngbya* sp. La asociación algal sugiere que estas aguas varían de â-mesosaprobia a polisaprobia, demostrando así la importancia del uso de estas especies tolerantes a la polución orgánica en estudios de calidad de agua.

2.1.3 María Penalta R. y Carmen López R. 2007. Diatomeas y calidad del agua de los ríos del Macizo Central Gallego (Ourense, N.O. España) mediante la aplicación de índices diatomológicos. Dep. de Botánica. Fac. de Biología. Univ. de Santiago de Compostela. A Coruña. España.

Se han estudiado diatomeas de ríos de montaña de un conjunto de sierras que constituyen el Macizo Central Gallego (provincia de Ourense), lugar de importancia comunitaria (LIC). Los objetivos de este estudio han sido en primer lugar, el estudio detallado de las diatomeas del Macizo Central Gallego, para incrementar el conocimiento de la biodiversidad ficológica de las aguas continentales en Galicia. Y, en segundo lugar se ha utilizado a este

grupo de algas. Se han muestreado 8 ríos y 1 fuente para dicho estudio durante un periodo de año y medio (2001-2003) y también se han tomado muestras del agua para la obtención de algunos parámetros físico - químicos (pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto). Las especies más abundantes fueron *Achnanthydium minutissimum*, *Diatoma mesodon*, *Fragilaria capucina*, *Gomphonema parvulum*, *G. rhombicum* y *Hannaea arcus*. Con las abundancias de las diatomeas se calcularon los índices IPS, IBD y CEE para el estudio de la calidad de las aguas, utilizando el programa OMNIDIA. Los resultados de los índices clasifican las aguas de estos ríos de montaña como de calidad buena o muy buena.

2.2 Bases teóricas científicas

2.2.1 El Plancton

El plancton se define como un conglomerado de organismos de diminuto tamaño (comúnmente menor a los centímetros) que poseen la particularidad de habitar en una columna de agua con una restringida capacidad de contrarrestar las corrientes de agua. Cualquier organismo que cumpla esta particularidad será parte de esta comunidad acuática. Este término proviene del griego que significa errante, así mismo fue acuñado en 1887 por Victor Hensen con la finalidad de caracterizar a los organismos que están asociados con las corrientes marinas y dulceacuícolas. El plancton se divide en fitoplancton (plantas) y zooplancton (animales). Aunque también se encuentran otros tipos como por ejemplo el bacterioplancton (bacterias) o el ictioplancton (larvas de peces). El plancton hace parte de la base alimentaria del ecosistema marino. El fitoplancton se encarga de la producción primaria,

por medio de procesos como la fotosíntesis, utilizando nutrientes, CO₂ y por supuesto la energía solar. Por su parte el zooplancton tiene la función de encaminar y transmitir el carbono capturado por el fitoplancton hacia los niveles tróficos superiores. A causa de esto, es válido afirmar que todo el carbono orgánico que se reutiliza en el ecosistema marino ha sido capturado por el fitoplancton y transmitido por el zooplancton, por medio de canales como virus, bacterias y microheterótrofos.

La proporción de plancton que se localiza en las aguas continentales de estanques, ríos y lagos es menor que la de los océanos, logrando cantidades de más de tres millones de individuos. Por otro lado, varios autores sugieren el cambio del término plancton por un término más general y plantearon el de sexton o seston para distinguir a toda la materia orgánica; ya sea viva o muerta que se mantiene sobre las aguas designando a la fracción muerta de plancton como tripton o criptón. Además, el plancton se puede clasificar por su tamaño, ubicándolos en diferentes categorías; lo más diminutos representan medidas inferiores a las 5 micras, como por ejemplo pequeños flagelados y algunas bacterias, así mismo la medida promedio de los organismos planctónicos está en 60 micras.

Tabla N° 01. Tipos de Plancton según su tamaño

TIPO DE PLANCTON	TAMAÑO	EJEMPLOS	MÉTODO DE COLECTA
Ultraplacnton	5 µm	Bacterias y pequeños flagelados	Sedimentación y filtros
Nanoplancton	5-60 µm	Cocolitofóridos y pequeñas diatomeas	Centrifugación
Microplancton	60 µm-1mm	Diatomeas, dinoflagelados, larvas de moluscos	Redes de plancton
Mesoplancton	1mm-5mm	Larvas de peces	Redes de plancton
Macroplancton	5mm-10cm	Algunas meduzas	Redes
Megaloplancton	10cm	Meduzas muy grandes	Coladeras y frascos

Fuente: CIFUENTES Juan., TORRES Pilar., FRIAS Marcela. El océano y sus recursos: V El Plancton. {En línea}. 24 de febrero de 2015. Disponible en: <http://www.iesmaritimopesquerolp.org/asignaturas/BIOLOGIA/Biologia%20%96%20El%20Oceano%20Y%20Sus%20Recursos%2005%20Plancton.pdf>

2.2.2 Fitoplancton

| Este tipo de plancton se define como el conglomerado de organismos fotosintetizadores que se encuentran suspendidos en una columna de agua, está compuesto en su gran mayoría por microorganismos. A su vez, se compone de algunos grupos taxonómicos como diatomeas y cianofíceas, se distinguen esencialmente por la presencia en estos de pigmentos fotosintéticos y de sustancias de reserva en su pared celular, también algunos microorganismos fitoplanctónicos tienen flagelos. El fitoplancton se compone tanto de especies eucariotas y procariotas, también coloniza la parte superior de la columna de agua, hasta el límite de penetración de la luz. La estructura y abundancia de las poblaciones de fitoplancton son controladas principalmente por nutrientes inorgánicos tales como nitrógeno, fósforo, sílice y hierro. El fitoplancton por lo general experimenta un ciclo anual bastante predecible, pero algunas especies se pueden desarrollar de una forma bastante acelerada. La composición y abundancia del fitoplancton en lagos y embalses depende de los siguientes factores:

- Condiciones físicas e hidrológicas; como por ejemplo luz, temperatura, turbulencia/estabilidad del agua, tiempo de residencia del agua y tasa de sedimentación del plancton.
- Composición química del agua; como por ejemplo nutrientes, materia orgánica, mineralización y pH,

- Factores biológicos; como por ejemplo depredación por parte de filtradores planctófagos o el parasitismo fúngico.

El fitoplancton se ha utilizado como indicador del estado trófico de las masas de agua, así mismo es adecuado para determinar las presiones físico-químicas relacionadas con: contaminación térmica, cambios en la mineralización del agua, eutrofización, contaminación orgánica. Los grupos de algas que predominan en los cuerpos de agua dulce tropicales pertenecen a las siguientes divisiones:

Imagen N^a 01: Clasificación del Fitoplancton



Fuente: RODRIGUEZ, Laura. Determinación del estado trófico de tres sistemas lénticos de la sabana de Bogotá con base al fitoplancton, en dos periodos climáticos contrarrestantes. Bogotá, 2012, 116. Trabajo de grado. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de ciencias básicas.

2.2.3 Nutrientes Como Factor Limitante de Fitoplancton

El fitoplancton es una parte sustancial de la producción primaria en los ecosistemas acuáticos, el proceso empieza con sustancias inorgánicas disueltas (Nutrientes y CO₂ que se encuentran presentes en el agua). Los

organismos autótrofos, las plantas y algunas bacterias, son los productores primarios que sintetizan la materia orgánica. Todo este proceso requiere de reacciones químicas inorgánicas (Chester, 1971).

Esta ganancia neta de materia orgánica está regulada por la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, el fósforo, la sílice y el hierro disuelto. En los últimos años ha existido un creciente interés por la determinación de la influencia de los diferentes factores, principalmente nutrientes, que condicionan la composición y estructura de las comunidades fitoplanctónicas y que podrían ocasionar proliferaciones masivas o la aparición de especies tóxicas y además tener efectos negativos sobre el ecosistema y las actividades humanas vinculadas al mar (Pérez, 2009).

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), (Andersen, 1996), indica que las poblaciones fitoplanctónicas han presentado fuertes fluctuaciones espacio temporales, asociadas a cambios en los parámetros ambientales. Los géneros que fueron registrados son *Pseudo - nitzschia*, *Dinophysis* y en forma ocasional *Alexandrium*.

La temperatura, la luz, la disponibilidad de nutrientes y el consumo herbívoro son los cuatro factores más importantes que regulan la producción y la biomasa del fitoplancton (Shiah, Kao, & Liu, 1996)³⁷. Las sales nutritivas en forma de compuestos de nitrógeno, fósforo y silicio, son los elementos que condicionan la producción primaria del fitoplancton. La concentración de todos los nutrientes se relaciona de forma inversa con la conductividad y la salinidad (Pérez, 2009). Según Justic, Rabalais, Turner & Dortch, 1995, si

la relación N : P es mayor a 22 el factor limitante es el fósforo mientras que si esta relación es menor a 10 el factor limitante es el nitrógeno. El fósforo es el limitante excepto en la superficie.

Las concentraciones de los diferentes compuestos de nitrógeno varían estacionalmente en la capa superficial acuática debido a factores atribuibles a las variaciones estacionales del clima, la circulación de las aguas y la actividad biológica.

En primavera los contenidos de nutrientes son relativamente elevados en la columna de agua, al estar ésta sin estratificar, el aumento de la intensidad lumínica, da lugar a la mayor de las proliferaciones estacionales del plancton. El crecimiento del plancton, y su consiguiente absorción de nutrientes, da lugar a una disminución creciente del nitrógeno inorgánico disuelto (NID) en la capa eufótica, que en los mares con limitación en nitrógeno puede llegar al agotamiento a principios del verano cuando se inicia la estratificación térmica. Durante la mayor parte de la primavera el consumo del fitoplancton por peces y zooplancton permite el retorno del nitrógeno a la columna de agua con sus excreciones, tanto en forma asimilable proveniente del proceso de excreción, como amonio y urea, o en heces fecales que serán descompuestas bacterianamente. Al mismo tiempo la mezcla vertical contribuye a la renovación por conducir agua rica en nitrato desde la parte inferior de la zona eufótica (Riley & Chester, 1971).

En verano, el calentamiento solar causa el desarrollo de una termoclina que inhibe la mezcla vertical (Riley & Chester, 1971). Como consecuencia, el crecimiento del fitoplancton elimina a gran velocidad el nitrógeno inorgánico

disponible por encima de la termoclina ya que no recibe aportes externos como sucede en primavera. En esta época, la forma predominante es el amonio, que es excretado por el zooplancton después de alimentarse del fitoplancton. Pero este amonio es rápidamente reasimilado. Como indican Riley & Chester, 1971, la excreción de nitrógeno por el zooplancton parece ser máxima cuando el fitoplancton es escaso, y viceversa. Al final del verano suele producirse una floración algal que interrumpe la constante regeneración de nitrato (Riley & Chester, 1971).

Durante el principio de esa regeneración la concentración de nutrientes se incrementa progresivamente a un máximo durante el otoño, cayendo luego a valores más bajos (Riley & Chester, 1971).

La nitrificación normalmente se completa en invierno, cuando la superficie se enfría y las tormentas rompen la termoclina, permitiendo al nitrato volver a distribuirse homogéneamente bajo la columna de agua (Riley & Chester, 1971).

2.2.4 Cálculo del Número de Fitoplancton

Es un índice integrado y ponderado de eutrofización y/o contaminación basado en la sensibilidad de las diatomeas a las condiciones ambientales; materia orgánica, nutrientes y sales minerales disueltas en el agua, particularmente de los cloruros (que representan un factor preponderante en la contaminación acuática). Permite establecer la calidad del cuerpo hídrico respecto de la contaminación orgánica e inorgánica. Debido a sus implicaciones ecológicas, este índice es ampliamente utilizado en la mayoría de los países de Europa y Estados Unidos (Dell 'Uomo, 1996).

Cálculo del índice

El índice IPS (Índice de Polusensibilidad Específica). La fórmula para obtener el valor del índice es:

$$IPS = 4,75 * \frac{\sum A_j * S_j * V_j}{\sum A_j * V_j} - 3,75$$

Dónde:

Abreviatura	Nombre	Fuente
A _j =	Abundancia relativa de la especie j	Muestreo y analítica de laboratorio
S _j =	Valor de sensibilidad de la especie j	TAXAGUA
V _j =	Valor de tolerancia de la especie j	TAXAGUA

Una vez obtenidos los valores de los productos de las abundancias relativas de cada una de las especies por sus correspondientes valores de indicación y tolerancia se calculan el sumatorio, cuyo resultado se divide por el sumatorio de las abundancias de las especies multiplicadas por los valores de tolerancia. Este dato se pondera por medio de los coeficientes indicados en la fórmula¹.

2.2.5 Interpretación de Resultados

Se han utilizado los índices de diatomeas IPS. Estos índices reflejan las variaciones debidas a la presencia de nutrientes o de contaminación orgánica en general. Además, se calcula los valores de diversidad, es decir, el Índice de Shanon. La experiencia obtenida en otros estudios ha permitido observar que los índices de IPS son los que mejor se ajustan a la realidad de las cuencas peninsulares, de entre los que se hallan formulados por el momento. Cabe

¹ Protocolo de Cálculo del Índice de Polusensibilidad Específica. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.

añadir, además, que el índice IBD tiende a exagerar las situaciones dando valores “excesivamente” buenos o malos. El índice IPS suaviza algo más. Es por ello que se explica con mayor énfasis los resultados de éste último índice. La escala del 1 al 20 en la que se circunscriben los resultados de los Índices descritos cabe interpretarla del modo siguiente²:

Tabla N° 02. Valor del Índice

CALIDAD DEL AGUA	VALOR DEL INDICE
Calidad excelente	> 17
Calidad buena	13 – 17
Calidad moderada	9 – 13
Calidad mala	5 – 9
Calidad muy mala	< 5

Fuente: Índice de Shanon

2.2.6 Metodología de colecta³

a. Equipos y materiales

De protección personal

- ✓ Botas.
- ✓ Guantes de látex.
- ✓ Chaleco salvavidas (cuando el muestreo se hace desde una embarcación).

Para la colecta de muestras

- ✓ GPS.
- ✓ Ficha de campo.
- ✓ Lápices y marcadores de tinta indeleble.
- ✓ Etiquetas de papel resistente al agua.

² Estudio de Determinación de Índices Bióticos En 87 Puntos de los Ríos de Navarra-Informe Final año 2005

³ Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del EBRO. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua – Protocolos de muestreo y análisis para Fitobentos. Octubre 2005.

- ✓ Frascos de 50, 100 y 200 ml para las muestras.
- ✓ Botellas de vidrio color ámbar (150 ml).
- ✓ Viales de vidrio o plástico con tapa hermética (fitoplancton de red).
- ✓ Baldes de 5 litros de capacidad.
- ✓ Red de plancton (nytal de 10 μ , 20 μ , 35 μ , de abertura de poro) para muestras de arrastre horizontal o vertical).
- ✓ Equipo multiparámetro portátil (análisis físico-químicos in situ: temperatura, pH, conductividad eléctrica).

Reactivos para la fijación de muestras

- ✓ Solución de formol al 4-5 %.
- ✓ Lugol (para periodos de conservación cortos).

b. Selección del punto de muestreo

Debe seleccionarse un segmento del río o del litoral de lago donde puedan encontrarse los sustratos adecuados para la toma de muestras. Como norma general, debe tener unos 10 m de largo, aunque longitudes superiores podrían ser apropiadas dependiendo de la uniformidad física del río y de la disponibilidad de sustrato. Tiene que hacerse una descripción detallada del lugar de muestreo: localización, anchura, profundidad, tipo de sustrato, presencia y abundancia de macrófitos, grado de sombra, y otros datos de interés ecológico. También se recomienda hacer una fotografía. Toda esta información es valiosa para la interpretación de los resultados y facilita el trabajo de los siguientes muestreos (localización del punto de muestreo, reconocimiento de posibles cambios, mejor reproducibilidad del protocolo de muestreo).

c. Selección del sustrato

La selección del sustrato es un paso importante ya que las diatomeas se pueden encontrar en muchas superficies sumergidas, y la composición de las comunidades halladas puede variar en función del sustrato escogido. Por esta causa se deben establecer criterios de selección del sustrato a muestrear. Como criterio general, es recomendable muestrear las comunidades (superficies parduzcas resbaladizas) que se desarrollen sobre sustratos duros estables situados en zonas sumergidas del lecho fluvial o del litoral de lagos como: rocas, piedras, y cantos rodados de un tamaño mínimo de 10 x 10 cm. En caso de no encontrarse este tipo de sustrato, se puede tomar la muestra en estructuras construidas por el hombre como pilares de puentes o paredes de infraestructuras hidráulicas (azudes, obras de defensa), siempre y cuando no estén hechos de madera, ya que la materia orgánica puede descomponerse favoreciendo la presencia de determinadas especies. También puede muestrearse sobre otras superficies artificiales como ladrillos o tejas, si podemos garantizar su presencia en el agua durante al menos cuatro a ocho semanas; en general, un lapso de tiempo dos meses se considera suficiente para que la comunidad de diatomeas sea madura; no obstante, este tiempo puede variar según las condiciones ecológicas. Si dominan la arena o limos, pero existe más de un 10% del total del sustrato que sean rocas o piedras, se escogerán preferentemente las rocas o piedras como sustrato a muestrear. Si únicamente existen arenas, limos o plantas acuáticas, se recogerán las muestras de aquellos que sean característicos del punto de muestreo. En tramos fluviales profundos y en lagos pueden muestrearse los tallos de los

helófitos o bien sustratos rocosos. Para uniformizar el muestreo se recomienda muestrear siempre las mismas especies o grupos morfológicamente similares; también pueden usarse sustratos artificiales introducidos en zonas seleccionadas.

d. Directrices para la toma de la muestra

En la toma de muestras tener en cuenta las siguientes indicaciones generales:

Ríos

- ✓ Evitar muestrear sustratos procedentes de zonas muy sombreadas, a no ser que esta sea la característica distintiva del punto a evaluar.
- ✓ Evitar tomar sustratos de zonas emergidas o que presumiblemente lo hubieran estado en algún momento reciente.
- ✓ Evitar tomas de sustratos en áreas demasiado cercanas a las orillas, y obtenerlas principalmente del punto medio del río, en zona de corriente.
- ✓ Evitar zonas debajo de puentes o recientemente afectadas por obras de ingeniería o de alteración de lecho fluvial.
- ✓ Evitar las pozas y los tramos de escasa corriente en las que suele haber deposición de limos y de detritos lo que limita la colonización de las diatomeas epilíticas; tampoco son recomendables las zonas de excesiva corriente (rápidos).

e. Procedimiento para la toma de las muestras en ríos

- ✓ Seleccionar como mínimo 5 piedras o bien hasta 10 si sólo existen piedras pequeñas o guijarros. Asegurarse que las piedras se extraen de las zonas adecuadas (inundadas permanentemente, en zonas soleadas, y con aguas corrientes si las hay).

- ✓ Para realizar el muestreo, es conveniente situarse en el punto de máxima corriente (si es posible) e ir recorriendo el río a contra corriente (aguas arriba), para minimizar el efecto de contaminación de las muestras.
- ✓ Eliminar cualquier tipo de contaminación adherida a los sustratos (por ejemplo, detritus orgánicos) limpiando un poco la superficie en la corriente de agua. Si el sustrato está recubierto de algas filamentosas se intentarán desprender éstas, tanto como sea posible, antes de tomar la muestra (siempre es preferible evitar los sustratos recubiertos de algas filamentosas).
- ✓ Cepillar (o raspar con navaja) la superficie superior de los sustratos, evitando así las superficies de erosión y sedimentación. Limpiar una zona aproximada de como mínimo 10 cm² por piedra (20 cm² si se toman 5 piedras). La superficie total de muestreo será de unos 100 cm².
- ✓ Introducir el cepillo (o la hoja de la navaja) en el bote de la muestra que previamente se habrá aclarado y contendrá unos 50 ml de agua. Agitar suavemente para permitir la transferencia de las diatomeas. El agua de la muestra se tornará turbia y de color marrón.
- ✓ Aclarar con abundante agua del río el cepillo o instrumento usado para tomar la muestra.
- ✓ Proceder a etiquetar la muestra y a su conservación.

f. Conservación y etiquetado de las muestras

Una vez tomada cada muestra se procedió a su etiquetado. Se usó un rotulador resistente al agua, y se indicó un código identificador del muestreo, un código de la estación de muestreo, la fecha de la recolección, los sustratos de los que procede y el fijador utilizado. Se procedió a conservar. Las

muestras deben guardarse en un lugar oscuro y fresco durante el trayecto hasta el laboratorio.

2.2.7 Procedimiento analítico

- a. Colocar la preparación en la platina del microscopio y anotar la información más importante en la hoja de recuentos o en el programa de ordenador. La información mínima recomendada es: nº de muestra, nombre del río, localidad y fecha de muestreo. Otra información importante es la fecha del recuento y el nombre del analista.
- b. Seleccionar una buena posición de la preparación para empezar. Se recomienda el margen de la “mancha” de muestra seca, pero debemos asegurarnos que no se produzca un “efecto margen” significativo (por ejemplo, que no se dé un mayor número de individuos en el margen que en cualquier otro punto de la preparación).
- c. Identificar las valvas presentes en el primer campo de visión utilizando un objetivo de 100x.
- d. Si una valva no puede identificarse, se recomienda obtener fotografías, imágenes digitales o dibujos detallados. Debe describirse el taxón: la forma y dimensiones de la diatomea, densidad de estrías, forma y tamaño del área central, nombre y posición de los estigmas y detalles de la finalización del rafe.
- e. Una vez identificadas y contadas las valvas del primer campo, hay que moverse en un desplazamiento horizontal o vertical hasta un nuevo campo de visión.

f. Para según que propósitos, es útil continuar el estudio de la preparación una vez contadas las 400 valvas, e incluir en el inventario cualquier taxón que no esté identificado en el recuento. También es útil hacer un rastreo con un aumento medio (p.ej. x400) para detectar los taxones de mayor tamaño (p.ej. Gyrosigma, Pinnularia) que pueden escapar del análisis con grandes aumentos. Al final del recuento se retira la preparación de la platina y se limpia de aceite de inmersión.

2.3 Definición de términos básicos:

2.3.1 Aguas Residuales

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado⁴.

Son aguas procedentes de los usos doméstico, comercial o industrial. Su grado de impureza es variable. Las aguas residuales llevan compuestos orgánicos e inorgánicos, ya sean disueltos o en suspensión, según su origen⁵

2.3.2 Autótrofos: Organismos capaces de sintetizar todas las sustancias esenciales para su metabolismo a partir de sustancias inorgánicas, de manera que para su nutrición no necesitan de otros seres vivos.

2.3.3 Bentos: Comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos.

⁴ Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales (OEFA)

⁵ <http://www.monografias.com/trabajos93/vertimientos/vertimientos.shtml>

- 2.3.4 Biodiversidad:** Variedad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte.
- 2.3.5 Contaminación:** Es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas y biológicas de nuestro aire, tierra y agua que puede afectar o afectará nocivamente la vida humana y la de especies beneficiosas.
- 2.3.6 Diatomeas:** Clase de algas unicelulares de caparazón silíceo formado por dos valvas de tamaño desigual, de modo que la valva más pequeña encaja en la mayor; pueden vivir en el mar, en agua dulce o en tierra húmeda.
- 2.3.7 Dinoflagelados:** Extenso grupo de protistas flagelados, con unas 2400 especies conocidas. Estos microorganismos son unicelulares y forman parte del fitoplancton de agua dulce y marino. Aproximadamente la mitad son fotosintéticos y poseen pigmentos con clorofila. Al ser su nutrición principalmente autótrofa son productores primarios por lo que, junto a las diatomeas, constituyen el nivel trófico primario en la cadena alimenticia acuática.
- 2.3.8 Ecosistema:** Unidad integrada por organismos y su ambiente físico, los cuales interactúan entre si generando flujos de materia y energía en un espacio y tiempo determinado.
- 2.3.9 Eutrofización:** Enriquecimiento de nutrientes en un ecosistema marino o lacustre que origina la proliferación de algas produciendo un aumento de la biomasa y una disminución de la biodiversidad.
- 2.3.10 Fitoflagelados:** Grupo heterogéneo de protozoos caracterizados por la presencia de uno o más flagelos largos en una o en todas las fases de su

ciclo vital. Los flagelos sirven para la locomoción y para la captura del alimento y pueden ser receptores sensoriales. Junto con las diatomeas, constituyen gran parte del alimento de algunos pequeños animales acuáticos.

2.3.11 Fitoplancton: Conjunto de organismos acuáticos autótrofos del plancton, que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos en el agua.

2.3.12 Monitoreo: Obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, funcional a los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental.

2.3.13 Silicoflagelados: Grupo de protistas unicelulares caracterizados por presentar una estructura exterior de sílice constituida por una red de elementos tubulares en forma de enrejado. Miden entre 50 y 80 micras.

2.3.14 Termoclina: Capa dentro de un cuerpo de agua donde la temperatura cambia rápidamente con la profundidad.

2.3.15 Zona Eufótica: Es la zona superficial de la columna de agua limitada por la profundidad en la que la intensidad de la luz queda reducida a un 1% de la que ha penetrado la superficie, es el límite por debajo del cual ya no es posible realizar la fotosíntesis.

2.3.16 Vertimiento Es la disposición un residuo líquido doméstico, industrial, urbano agropecuario, minero, etc. Los colectores son tubos colocados a lado y lado de las quebradas, ríos, lagunas, lagos y mar⁶.

La palabra vertimiento procede del verbo verter, el cual, en su acepción pura, significa derramar o vaciar líquidos (RAE, 2001).

⁶ <http://www.monografias.com/trabajos93/vertimientos/vertimientos.shtml#ixzz48LcvwTFF>

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

El impacto producido es negativo con respecto al vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar.

2.4.2 Hipótesis Específicas

2.4.2.1 La zona de impacto directo sobre la población fitoplanctónica a partir del punto de vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales, es la afluencia con el río Ragra.

2.4.2.2 El número de las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar es baja.

2.4.2.3 Las comunidades fitoplanctónicas presentes en el río San Juan-distrito de Simón Bolívar son las algas diatomeas.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1 Variable Independiente

Calidad fisicoquímica de las aguas residuales domésticas e industriales

2.5.2 Variable Dependiente

Comunidades fitoplanctónicas

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla N° 03. Definición operacional de variables e indicadores

Variable	Definición Operacional	Indicadores
VI: Calidad fisicoquímica de las aguas residuales domésticas e industriales	Características fisicoquímicas para determinar su calidad	<ul style="list-style-type: none">• Potencial de hidrogeno (Ph)• Conductividad eléctrica-CE (uS/cm)• Oxígeno disuelto - OD (mg/L)
VD: Comunidades fitoplanctónicas	Conjunto de poblaciones de organismos de especies fitoplanctónicas	<ul style="list-style-type: none">• Abundancia de la comunidad fitoplactonica• Índice de polusensibilidad especifica (IPS)

CAPÍTULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo no experimental cuantitativa ya que tiene el propósito de evaluar o examinar los efectos que se manifiestan en la variable dependiente cuando se introduce la variable independiente, es decir, se trata de probar una relación causal.

3.2 Métodos de investigación

El método que se empleó consta de la ubicación de la zona de estudio, realización del muestreo de parámetros físicos en campo, toma de muestras, análisis de muestras en laboratorio, cálculo con la aplicación de fórmulas y posteriormente se realizó la interpretación con la cual se determina la calidad de agua del río San Juan en sus diferentes tramos.

3.3 Diseño de investigación

El diseño de nuestra investigación es no experimental cuantitativa, emplea el razonamiento hipotético-deductivo, de muestras representativas, como estrategia de control y metodología cuantitativa para analizar los datos.

$$X = f Y$$

Dónde:

Y = Variable Independiente - Calidad fisicoquímica de las aguas residuales domésticas e industriales

X = Variable Dependiente - Comunidades fitoplanctónicas

f = Función

3.4 Población y muestra

3.4.1. Población

La población está compuesta por el área total 47 kilómetros del río San Juan ubicados en los distritos de Simón Bolívar, Tinyahuarco y Vicco.

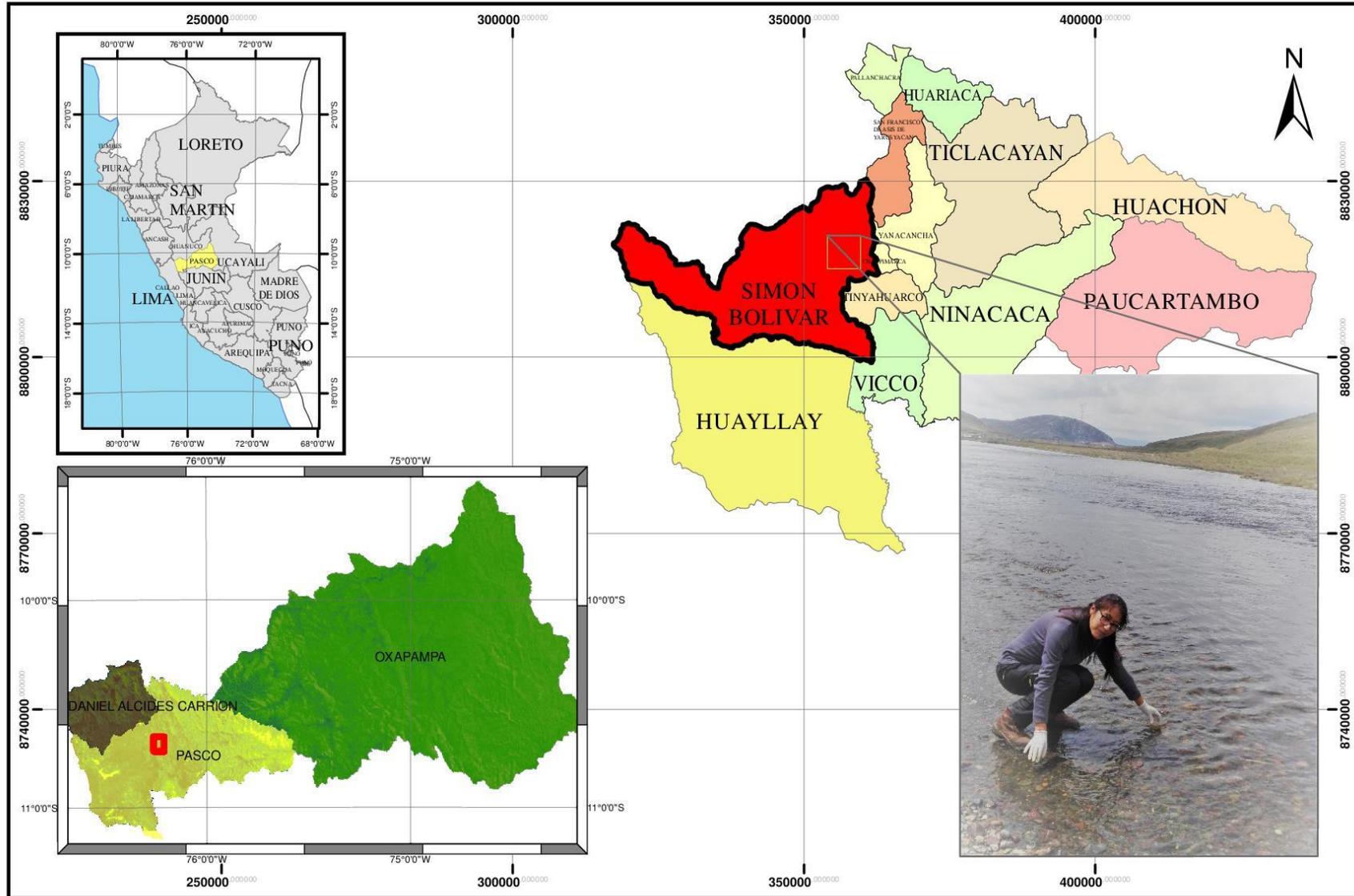
3.4.2. Muestra

La muestra está representada por 5 puntos monitoreo del río San Juan en la jurisdicción de distrito de Simón Bolívar, esto en base a los vertimientos identificados por la actividad doméstica e industrial, ubicada a 7 Km de la ciudad de Cerro de Pasco, a 25 km aproximadamente al Norte del Lago de Junín y con una altitud promedio de 4250 msnm. Geográficamente el área de estudio tiene como valores centrales las coordenadas 8810919 N y 356269 E en el sistema UTM WGS 84. El área de estudio comprende el tramo del río San Juan dando inicio en la unión de los ríos Rancas y Alcacochoa en el lugar denominado Patancancha, el río San Juan es el afluente principal de la cuenca

del río Mantaro, tal como se puede observar en los Mapas N° 01 y 02 de la presente investigación.

El acceso al área de estudio se realiza desde la ciudad de Cerro de Pasco, por la carretera que une los distritos de Chaupimarca y Simón Bolívar hasta el centro poblado de Yurajhuanca. Se utilizó el transporte público de la ruta Cerro de Pasco – Rancas, bajando en el puente de yurajhuanca de donde se puede observar el Rio Ragra y se ingresa a los puntos de monitoreo caminando.

Mapa N° 01: MAPA DE LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Mapa N° 02: UBICACIÓN DEL RÍO SAN JUAN-PASCO



Fuente: Elaboración Propia **TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DA**

3.4.3. Técnicas

Para la recolección de los datos se utilizaron las siguientes técnicas:

- ✓ **Ficha de Observación:** Observación del campo para explorar, describir, identificar los vertimientos de agua residuales
- ✓ **Recolección de Datos:** Consiste en la recolección de datos de parámetros de campo, en el río San Juan. Se tomará como referencia el *Protocolos de muestreo y análisis para Fitobentos. Octubre 2005. Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del EBRO. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua –Análisis*, por falta de normativa peruana.
- ✓ Análisis de muestras en el laboratorio de la UNDAC.

3.4.4. Instrumentos

- ✓ Formatos de Recolección de datos
- ✓ Cámara Fotográfica
- ✓ Fichas, apuntes y notas en libreta.
- ✓ GPS
- ✓ Multiparámetro
- ✓ Microscopio

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- ✓ Ordenamiento y codificación de datos.
- ✓ Tabulación
- ✓ Gráficos
- ✓ Análisis e interpretación.

3.6. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

- ✓ Uso de hoja de cálculos (Microsoft Excel)
- ✓ Otros

3.7. Tratamiento estadístico

3.7.1. Selección de instrumentos de investigación

- ✓ Multiparámetro
- ✓ Microscopio

3.7.2. Validación y confiabilidad de instrumentos de investigación

Los documentos y fichas de suelo serán validados a juicios de expertos y revisados por ingenieros ambientales expertos en el tema de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

3.8. Selección y validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La validación y los análisis de las muestras, a fin de determinar las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan, se realizó de las instalaciones del laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNDAC donde se ejecutó los siguientes procedimientos

3.9. Orientación ética

El desarrollo del estudio se realizó con lineamientos éticos como

El respeto al medio ambiente del área de estudio.

Veracidad en el tratamiento de la información y resultados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo

4.1. Ubicación De Los Puntos De Monitoreo De Las Comunidades

Fitoplanctónicas Del Río San Juan

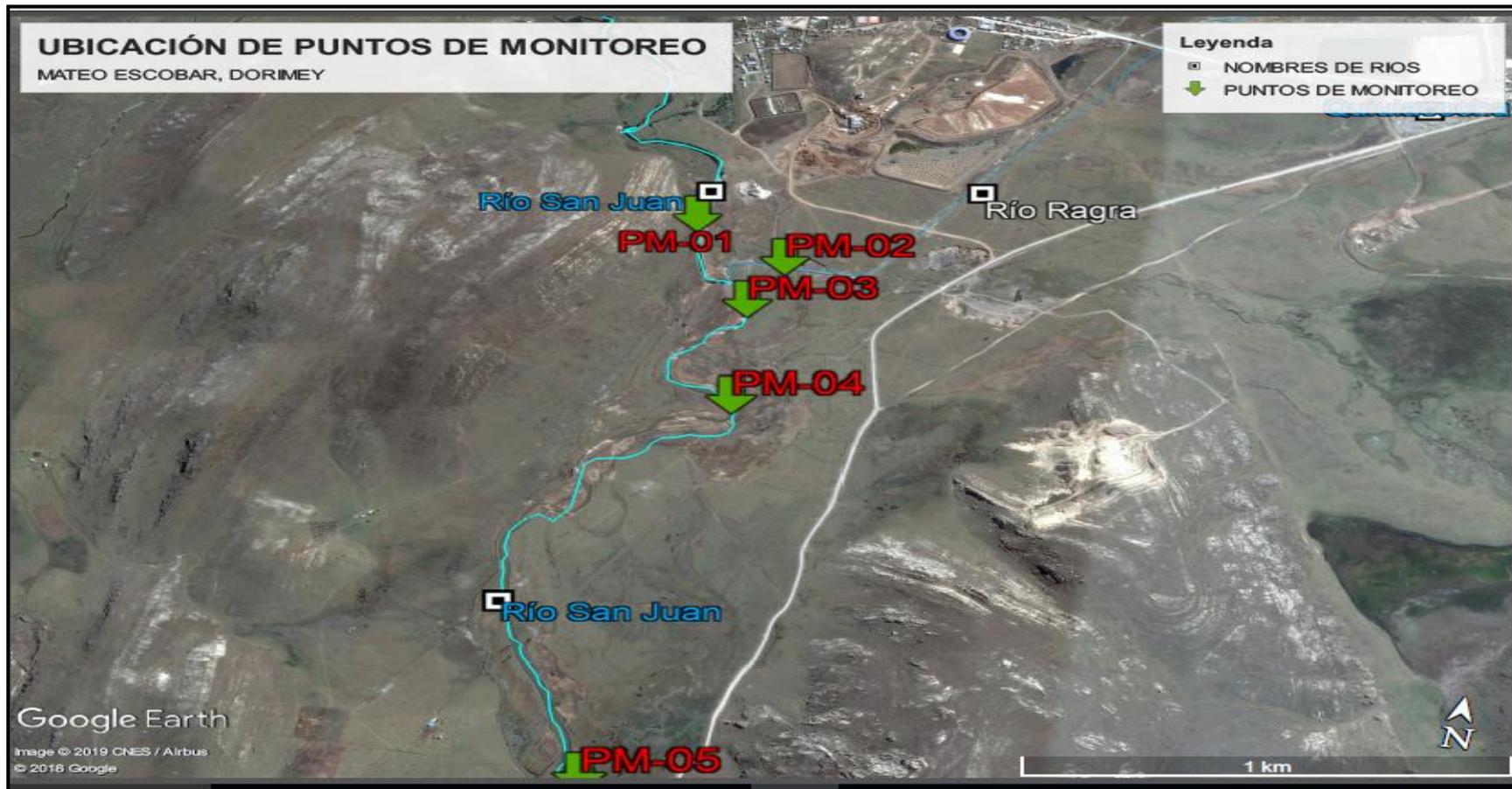
Para determinar el impacto del vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar se identificó 5 puntos de monitoreo, esto en base al vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales ubicados en el río San Juan.

Tabla N° 04. Ubicación de los Puntos de Monitoreo de las Comunidades Fitoplanctónicas del Río San Juan

N° de Estación de Monitoreo	Descripción de la Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud (msnm)
		Este	Norte	
ESTACIÓN PM-01	AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA DEL RÍO RAGRA	356491	8815597	4321
ESTACIÓN PM-02	RÍO RAGRA 100 METROS ANTES DE LA CONFLUENCIA DE RÍO SAN JUAN	356712	8815478	4322
ESTACIÓN PM-03	AGUAS ABAJO DE LA CONFLUENCIA DEL RÍO RAGRA	356656	8815315	4320
ESTACIÓN PM-04	RÍO SAN JUAN A 1000 METROS CONFLUENCIA DE RÍO SAN JUAN CON EL RÍO RAGRA	356681	8814984	4315
ESTACIÓN PM-05	RÍO SAN JUAN – ZONA DE SACRA FAMILIA	356595	8813748	4314

Fuente: Elaboración Propia

MAPA N° 03: UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO



Fuente: Elaboración Propia

El muestreo de las comunidad fitoplanctónicas del río San Juan se realizó en el mes de diciembre del 2018, para ello se extrajo pequeños sustratos de rocas presentes en el río San Juan por la alta presencia de caudal en el río, lo habitual seria extraer la muestra con el raspado de piedras de gran dimensión, en los sustratos de rocas recolectados posiblemente esté presente la comunidad fitoplanctónicas y se completa con agua hasta tener aproximadamente 500 ml de muestra, así mismo se cumplió el protocolo de este tipo de muestreo donde en cada punto de monitoreo, se realizó en un tramo de 10 m de largo, para más detalle del muestreo se puede apreciar en las imágenes N° 01 hasta el N° 06.

Imagen N°2: Toma de Muestra del PM-01



Imagen N°3: Toma de Muestra del PM-02



Imagen N° 4: Toma de Muestra del PM-03



Imagen N° 5: Toma de Muestra del PM-04



Imagen N° 6: Toma de Muestra del PM-05



Las muestras recolectadas fueron trasladados al laboratorio del Ingeniería Ambiental de la UNDAC para su análisis correspondiente con el uso del microscopio.

Por otro lado, en los 5 puntos de monitoreo se tomó los parámetros de campo como son el potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE) y Oxígeno Disuelto (OD), los mencionados parámetros nos ayudarán a identificar e interpretar la presencia de las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan, tal como se puede evidenciar en la Imagen N° 06 y la Imagen N° 07.

Imagen N° 7: Medición de Parámetros de Campo- PM-01



Imagen N° 8: Medición de Parámetros de Campo- PM-03



5 Análisis De Muestras De Las Comunidades Fitoplanctónicas Del Río San Juan

Los análisis de las muestras, a fin de determinar las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan, se realizó en las instalaciones del laboratorio de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNDAC donde se ejecutó el siguiente procedimiento:

De las 5 muestras, se retiró sub muestras con el uso de pipetas de plástico para ser colocados en porta objetos y se cubrió con el cubre objeto y estas pequeñas sub muestras se colocaron sobre la platina del microscopio y se anotó la información más importante, lo cual consistió en la observación de las especies de la comunidades fitoplanctónicas (algas) y el número de individuos y el tipo de especies, para cada estación de monitoreo se analizó 3 veces (3 muestras por cada punto con su respectivo porta objeto, para luego

sacar un promedio de este análisis para cada estación de monitoreo) este procedimiento seguido se puede evidenciar en las imágenes N° 09 hasta el 12.

Imagen N° 9: Extracción de Muestra con el uso de Pipeta.

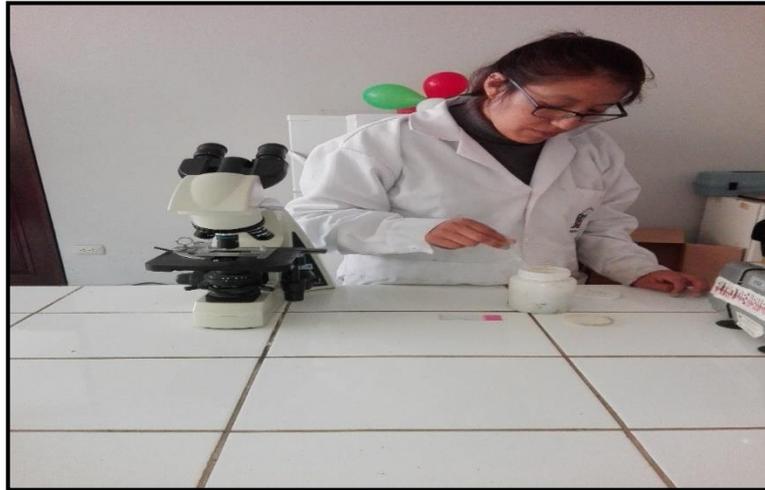


Imagen N°10 Tendido de Muestra en el Porta Objeto.



Imagen N° 11: Colocado de Muestra en el Microscopio.



Imagen N° 12: Observación de la Presencia de Comunidades Fitoplanctónicas (algas).

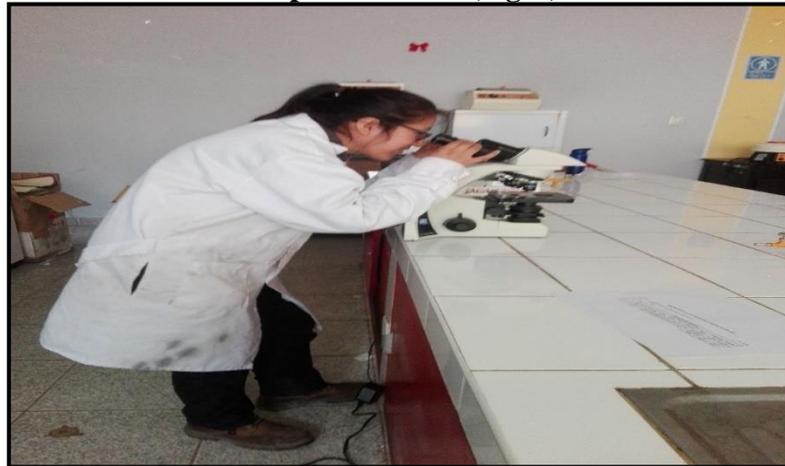
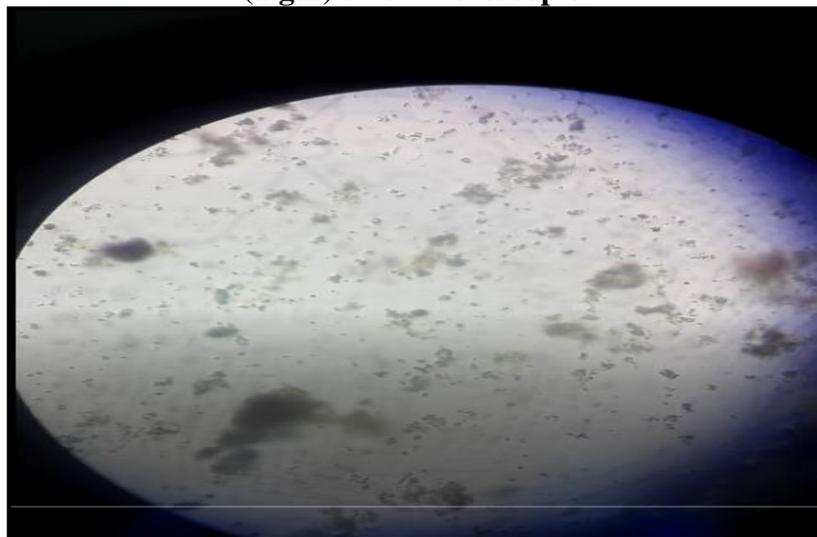


Imagen N° 13: Vista de la Presencia de Comunidades Fitoplanctónicas (algas) en el Microscopio.



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Finalizado lo planificado en la presente investigación presentamos los resultados obtenidos de las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar –Provincia de Pasco-2018, para ello presentamos los resultados físicos de la zona muestreada y por otro la presencia de comunidad fitoplanctónica lo cual también nos ayudara a determinar la calidad de agua de este río San Juan.

4.2.1 Resultados de los Parámetros Físicoquímicos

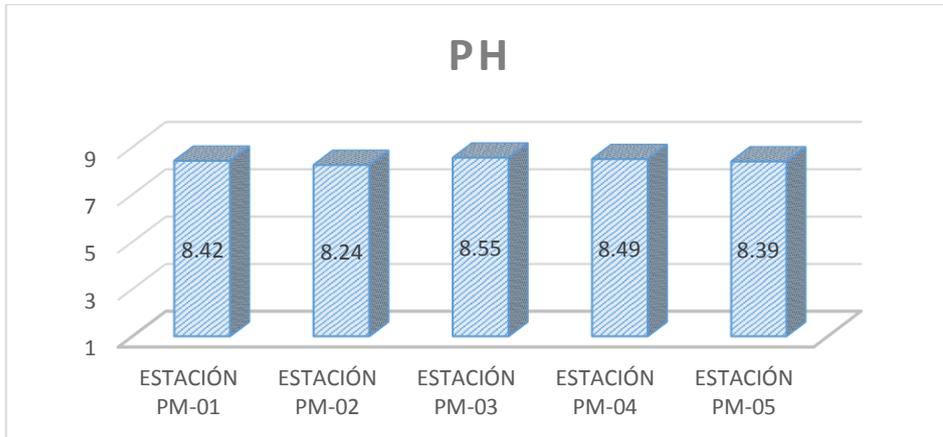
Los resultados de los parámetros físicos de las muestras tomadas en campo se presentan en la Tabla N° 04, asimismo se puede evidencia en las imágenes N° 14 y 15 de la presente investigación.

Tabla N° 05. Resultados de los Parámetros Físicoquímicos

N° de Estación de Monitoreo	Descripción de la Estación de Monitoreo	Potencial de Hidrogeno (pH)	Conductividad Eléctrica uS/cm (CE)	Oxígeno Disuelto mg/L (OD)
ESTACIÓN PM-01	AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA DEL RÍO RAGRA	8.42	234	6.34
ESTACIÓN PM-02	RÍO RAGRA 100 METROS ANTES DE LA CONFLUENCIA DE RÍO SAN JUAN	8.24	1459	3.69
ESTACIÓN PM-03	AGUAS ABAJO DE LA CONFLUENCIA DEL RÍO RAGRA	8.55	294	4.59
ESTACIÓN PM-04	RÍO SAN JUAN A 1000 METROS CONFLUENCIA DE RÍO SAN JUAN CON EL RÍO RAGRA	8.49	428	4.66
ESTACIÓN PM-05	RÍO SAN JUAN – ZONA DE SACRA FAMILIA	8.39	543	4.87

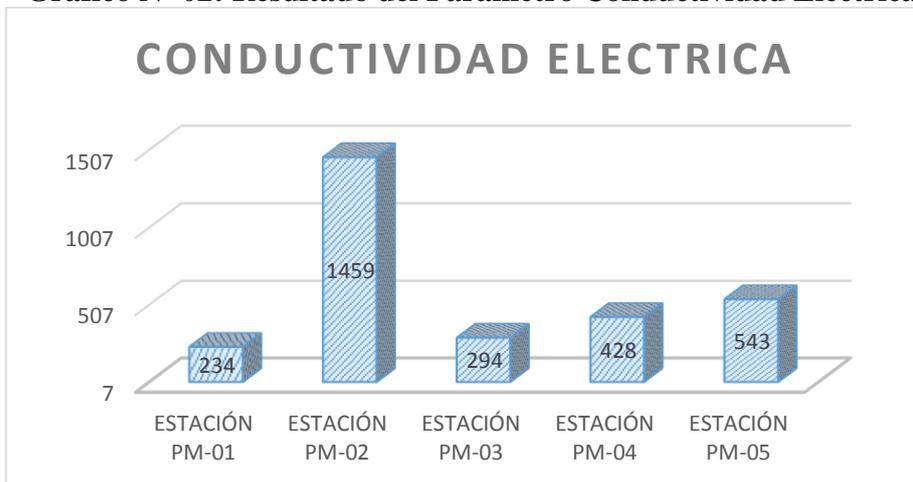
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 01: Resultado del Parámetro pH



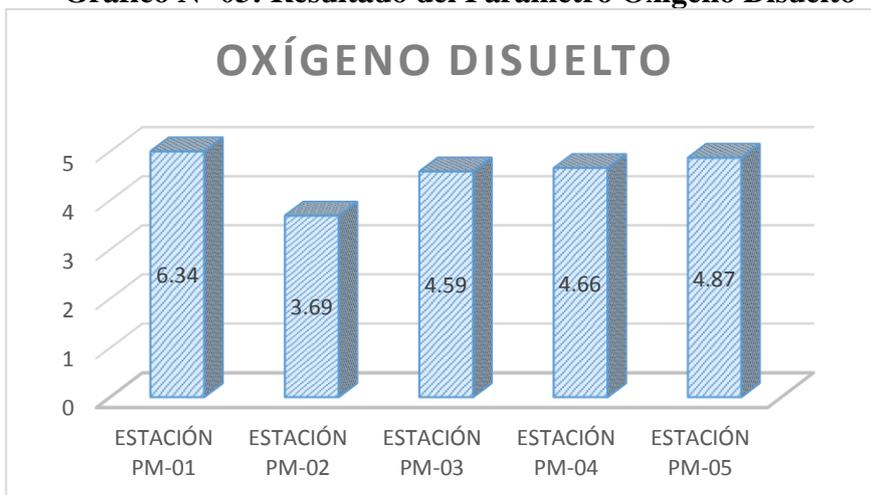
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 02: Resultado del Parámetro Conductividad Eléctrica



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 03: Resultado del Parámetro Oxígeno Disuelto



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación de resultados de la tabla n° 04:

En la Tabla N° 4 y los Gráficos N° 01, 02 y 03 se detalla los resultados de los parámetros físicos de campo como pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto respectivamente teniendo los siguientes resultados:

Para el caso de pH, según el Estándar de Calidad Ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), el potencial de hidrogeno (pH) es de 6,5 – 8,5, en los cinco puntos de monitoreo del río San Juan se cumple con el ECA para categoría 3, a excepción de la estación PM-03 (aguas abajo de la confluencia del río Ragra) donde ligeramente supera lo permitido con un valor de 8.55, donde el pH muestra un estado desfavorable para la desarrollo adecuado de las comunidades fitoplanctónicas (algas).

Concerniente a la conductividad eléctrica (CE), el Estándar de Calidad Ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), la conductividad eléctrica es de 2500 uS/cm (Riego de vegetales) y 5000 uS/cm (Bebida de Animales), por lo que vemos en los cinco puntos de monitoreo del río San Juan cumplimos con el ECA para categoría 3, pero se debe tener en cuenta en la estación de monitoreo PM-02 (río Ragra 100 metros antes de la confluencia de río San Juan) la conductividad eléctrica a diferencia de los demás resultados es alta con 1459 uS/cm, el incremento se debería principalmente por los efluentes que vierte la Empresa Minera CERRO S.A.C., los lixiviados que los pasivos ambientales (Desmontera Excélsior y relavera Quiulacocha), los vertimientos que realiza la Empresa Minera AUREX, en el caso de la conductividad eléctrica demuestran un estado desfavorable para el desarrollo adecuado de las comunidades fitoplanctónicas (algas).

Y con respecto al Oxígeno Disuelto, los estándares de calidad ambiental para categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), el oxígeno disuelto es de ≥ 4 mg/L (riego de vegetales) ≥ 5 mg/L (bebida de animales), en cuatro puntos (PM-01, PM-03, PM.04 y PM-05) de monitoreo del río San Juan cumplen con el ECA para categoría 3 (riego de vegetales) y solo en un punto de monitoreo (PM-01) del río San Juan, es decir cumplen con el ECA para categoría 3 (bebida de animales), con un resultado de 6.34 mg/lt, estos resultados demuestran que antes de la confluencia del río Ragra la calidad de oxígeno disuelto es más alta, posiblemente ayuda al mejor desarrollo y habilidad adecuada para las comunidades fitoplanctónicas (algas), a diferencia de los demás puntos los resultados demuestran el mal desarrollo y habilidad para las comunidades fitoplanctónicas (algas).

Imagen N° 14: Resultados de Parámetros de Campo-PM-01



Imagen N° 15: Resultados de Parámetros de Campo-PM-02



4.2.2 Resultados de Comunidades Fitoplanctónicas en el río San Juan.

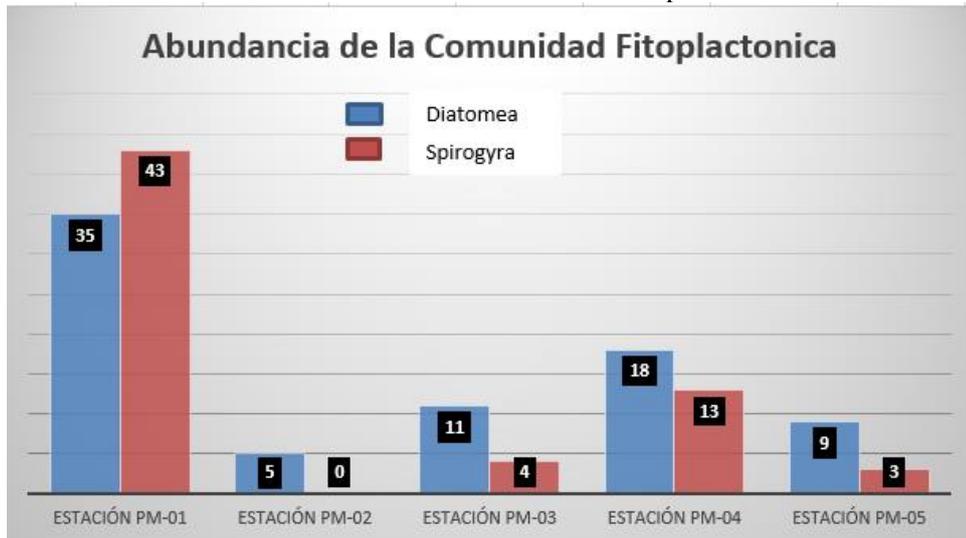
Como se pudo evidenciar en el proceso de análisis, para obtener los resultados se utilizó el microscopio con el uso de objetivos de 10 X y 40 X, para la identificación de especies de algas, teniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 06 Resultados de Comunidades Fitoplanctónicas

N° de Estación de Monitoreo	Descripción de la Estación de Monitoreo	Abundancia de la Comunidad Fitoplanctónica	
		Diatomea	Spirogyra
ESTACIÓN PM-01	AGUAS ARRIBA DE LA CONFLUENCIA DEL RÍO RAGRA	35	43
ESTACIÓN PM-02	RÍO RAGRA 100 METROS ANTES DE LA CONFLUENCIA DE RÍO SAN JUAN	5	0
ESTACIÓN PM-03	AGUAS ABAJO DE LA CONFLUENCIA DEL RÍO RAGRA	11	4
ESTACIÓN PM-04	RÍO SAN JUAN A 1000 METROS CONFLUENCIA DE RÍO SAN JUAN CON EL RÍO RAGRA	18	13
ESTACIÓN PM-05	RÍO SAN JUAN – ZONA DE SACRA FAMILIA	9	3

Fuente: Elaboración Propia

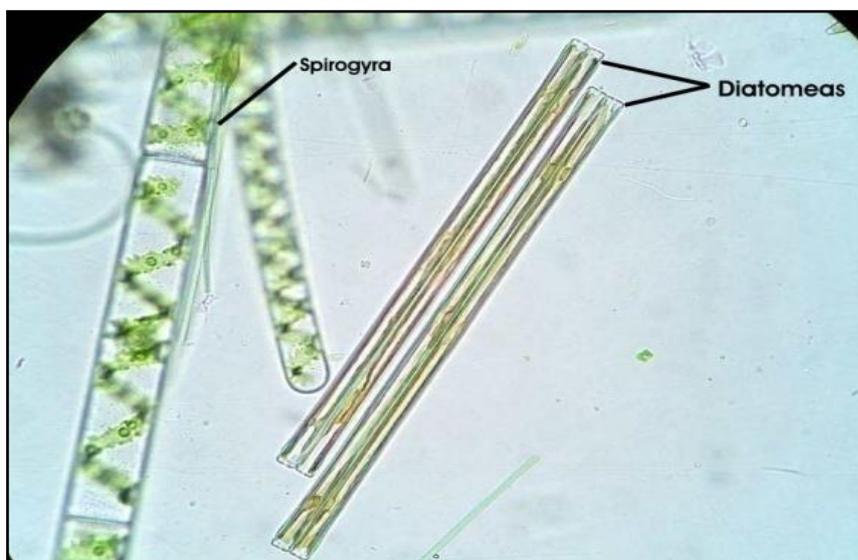
GRAFICO N° 04: Abundancia de la comunidad fitoplanctónica-río San Juan



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede evidenciar en la Tabla N° 05 y el Gráfico N° 04 las especies de la comunidad fitoplanctónica (algas microscópicas) encontradas en el río San Juan son: Diatomea y Spirogyra, a continuación, describimos algunas características de estas especies y en la imagen N° 16 se muestra la diferencia entre algas microscópicas Diatomea y Spirogyra:

Imagen N° 16: Diferencia entre las Algas Microscópicas Diatomea y Spirogyra



4.2.2.1 Las diatomeas⁷:

Son un grupo de **algas unicelulares microscópicas** ampliamente distribuido por todo el mundo. Son las algas más comunes en el **fitoplancton** y tienen un papel fundamental en la cadena trófica como productor primario en hábitats acuáticos. Una de sus características distintivas es la formación de una **pared extracelular de Sílice** (SiO_2 -Óxido de Silicio (IV)) llamada frústula. Se conocen más de 200 géneros y alrededor de 100.000 especies actualmente existentes. Se estima que aparecieron en el período Jurásico temprano.

Las diatomeas están ampliamente distribuidas por todo el planeta **en océanos, masas de agua dulce, suelo y prácticamente en cualquier superficie húmeda**. La mayoría viven en agua abierta (pelágicos) pero también existen diatomeas que viven en la interfase entre el agua y los sedimentos del fondo (bentónicos) e incluso que viven bajo una atmósfera con alta humedad.

Las Diatomeas como indicador ambiental viven en condiciones muy particulares del agua y las distintas especies crecen en rangos de la concentración de nutrientes. El efecto de la actividad humana sobre estas y otras variables del agua afectan notablemente a las poblaciones de diatomeas y por ello se pueden utilizar como **indicador de la salubridad del agua**.

⁷ ¿Qué son las diatomeas? Extraído de <https://curiosoando.com/que-son-las-diatomeas>

Además, los restos de la pared celular de sílice que quedan en los sedimentos del lecho acuático se utilizan en paleoecología para interpretar y deducir condiciones ambientales en el pasado. Conociendo las condiciones que hacen crecer a determinadas especies de diatomeas en el presente se pueden conocer las condiciones ambientales del pasado si se encuentran las mismas especies en los sedimentos fósiles

4.2.2.2 *Spirogyra* spp⁸

Crece en longitud por división de las células. Cuando se juntan varias algas, los filamentos forman masas con aspecto de algodón, que flotan en el agua y que pueden observarse a simple vista. es un género de algas verdes filamentosas del orden de las zygnematales, llamada así por la disposición en forma de hélice de los cloroplastos. Se encuentra frecuentemente en agua dulce, y existen más de 400 especies de *Spirogyra* en el mundo. La *Spirogyra* tiene aproximadamente entre 10 y 100 µm de ancho y puede llegar a varios centímetros de longitud.

Habita en aguas dulces, como ríos y arroyos. También en aguas estancadas, como charcos y lagunas.

⁸ ¿Qué son el Spirogyra? Extraído de <https://es.wikipedia.org/wiki/Spirogyra>

Imagen N° 17: Punto de Monitoreo PM-01 Vista de la Especie Spirogyra



Imagen N° 18: Punto de Monitoreo PM-01 Vista de la Especie Diatomea.



Imagen N° 19: Punto de Monitoreo PM-02 Vista de la Poca Población de Fitoplanctónica.

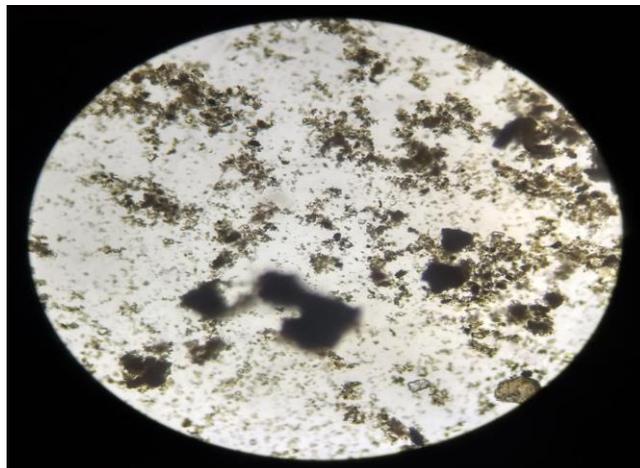


Imagen N° 20: Punto de Monitoreo PM-03 Vista de la Especie Diatomea.

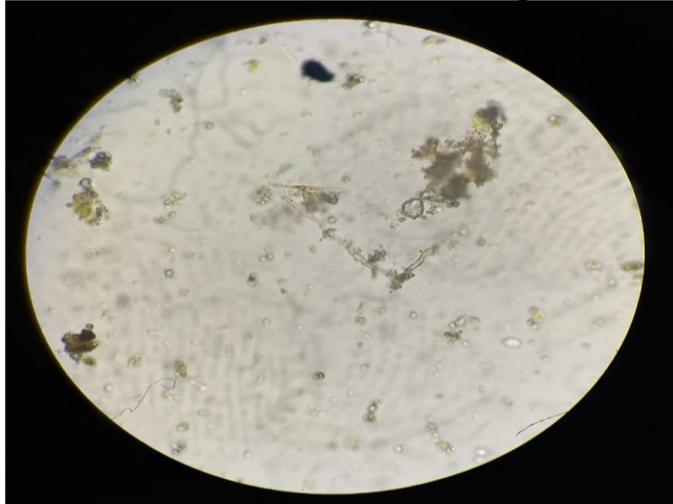


Imagen N° 21: Punto de Monitoreo PM-03 Vista de la Especie Spirogyra.

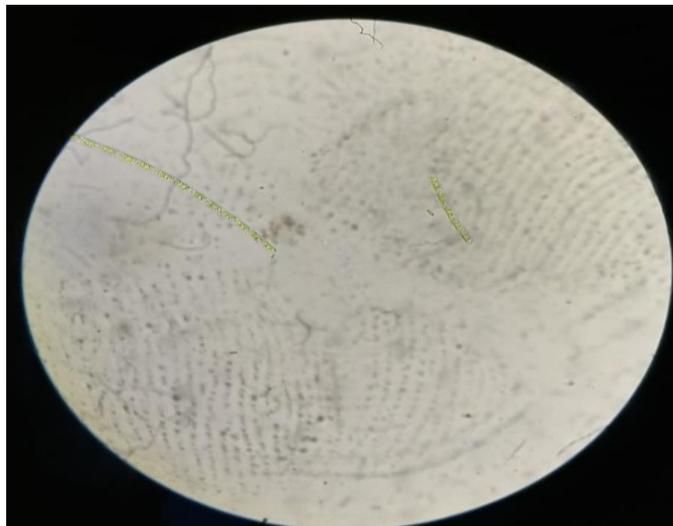


Imagen N° 22: Punto de Monitoreo PM-04 Vista de la Especie Diatomea.



Imagen N° 23: Punto de Monitoreo PM-04 Vista de la Especie Spirogyra.

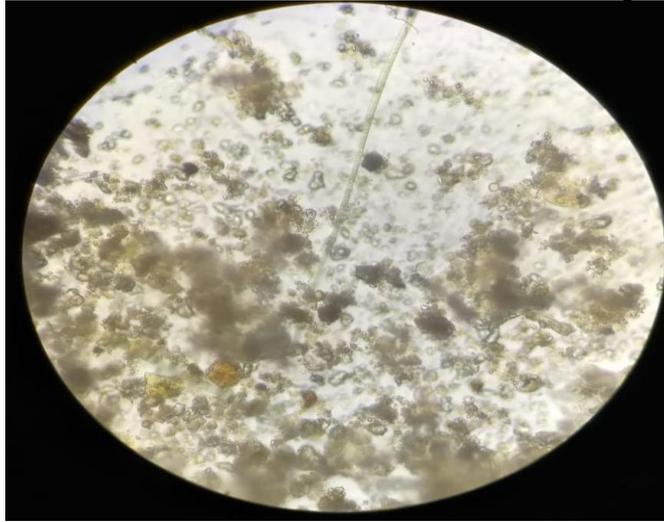


Imagen N° 24: Punto de Monitoreo PM-05 Vista de la Especie Diatomea.

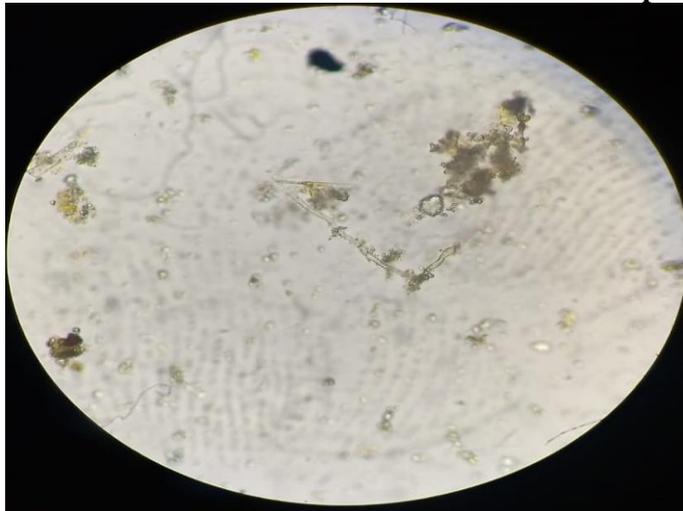
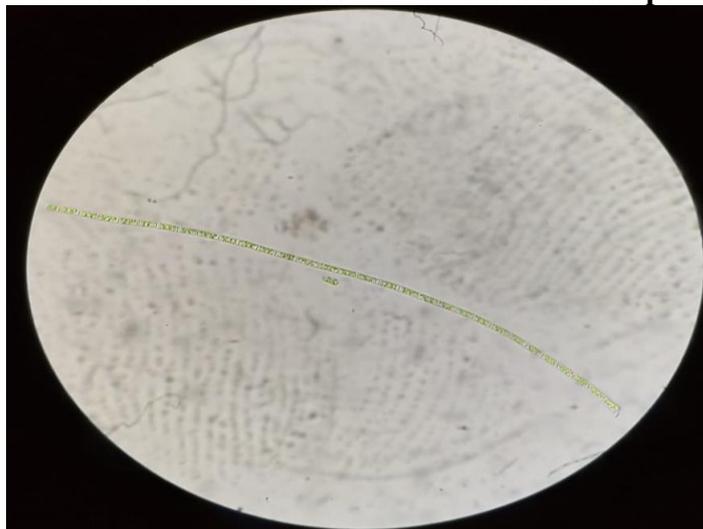


Imagen N° 25: Punto de Monitoreo PM-05 Vista de la Especie Spirogyra



4.2.3 Resultados de la Calidad de Agua utilizando la Comunidad Fitoplanctónica en el río San Juan.

Para el cálculo de la calidad de agua utilizaremos la comunidad fitoplanctónica, como una forma numérica de evaluar el grado de contaminación en los sistemas acuáticos, determinando las tolerancias o sensibilidades de un organismo a una perturbación o contaminante para ello utilizaremos la siguiente fórmula:

Cálculo del índice IPS

$$IPS = 4.75 \frac{\sum A_j \times S_j \times V_j}{\sum A_j \times V_j} - 3.75$$

Índice de Polusensibilidad Específica. La fórmula es:

Dónde:

Abreviatura	Nombre	Fuente
A _j =	Abundancia relativa de la especie j	Muestreo y analítica de laboratorio
S _j =	Valor de sensibilidad de la especie j	TAXAGUA
V _j =	Valor de tolerancia de la especie j	TAXAGUA

Una vez

obtenidos los valores de los productos de las abundancias relativas de cada una de las especies por sus correspondientes valores de indicación y tolerancia se calculan el sumatorio, cuyo resultado se divide por el sumatorio de las abundancias de las especies multiplicadas por los valores de tolerancia. Este dato se pondera por medio de los coeficientes indicados en la fórmula⁹. Para el cálculo de S_j y V_j se extrae la información de los Valores de sensibilidad y variabilidad del Índice Diatómico Genérico.

⁹ Protocolo de Cálculo del Índice de Polusensibilidad Específica. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.

Tabla N° 07. Valores de sensibilidad y variabilidad del Índice Diatómico Genérico.

GENERO	SENSIBILIDAD	VARIABILIDAD
Anomoeoneis	5	2
Asterionella	4	1
Caloneis	4	2
Campylodiscus	5	2
Ceratoneis	5	2
Cocconeis	4	1
Cyclotella	3	1
Cymatopleura	4	2
Cymbella	5	1
Delicata	5	3
Diatoma	4	1
Diploneis	5	1
Encyonema	5	1
Encyonopsis	3	1
Epithemia	5	2
Eunotia	5	2
Fragilaria	4	1
Frustulia	5	2
Gomphoneis	4	2
Gomphonema	3	2
Gyrosigma	4	3
Hannaea	4	1

GENERO	SENSIBILIDAD	VARIABILIDAD
Hantzschia	1	3
Melosira	3	1
Meridion	3	1
Navicula		
orthostichae	2	2
Navicula otras	3	1
Navicula punctata	1	2
Neidium	4	3
Nitzschia otras	1	1
Nitzschia dissipatae	4	2
Pinnularia	4	3
Rhoicosphenia	4	1
Rhopalodia	4	1
Stauroneis	5	2
Stenopterobia	5	3
Stephanodiscus	2	1
Surirella	3	3
Synedra	3	1
Tabellaria	5	1
Thalassiosira	2	3
Ulnaria	3	1
unidentified	3	1

Fuente: norma AFNOR, NT 90-350

Aplicando la fórmula, el índice IPS (Índice de Polusensibilidad Específica) y en base a los Valores de sensibilidad y variabilidad según la tabla N° 06 se tiene los siguientes resultados:

TABLA Nº 08: Resultado de Índice de Polusensibilidad Específica (IPS).

Punto de Monitoreo	Especie	Factor	Aj	Sj	Vj	Factor	IPS
ESTACIÓN PM-01	Diatomea	4.75	35	4	2	3.75	11.13
	Spirogyra		43				
ESTACIÓN PM-02	Diatomea	4.75	5	4	2	3.75	1
	Spirogyra	4.75	0				
ESTACIÓN PM-03	Diatomea	4.75	11	4	2	3.75	7
	Spirogyra		4				
ESTACIÓN PM-04	Diatomea	4.75	18	4	2	3.75	9.42
	Spirogyra		13				
ESTACIÓN PM-05	Diatomea	4.75	9	4	2	3.75	6.7
	Spirogyra		3				

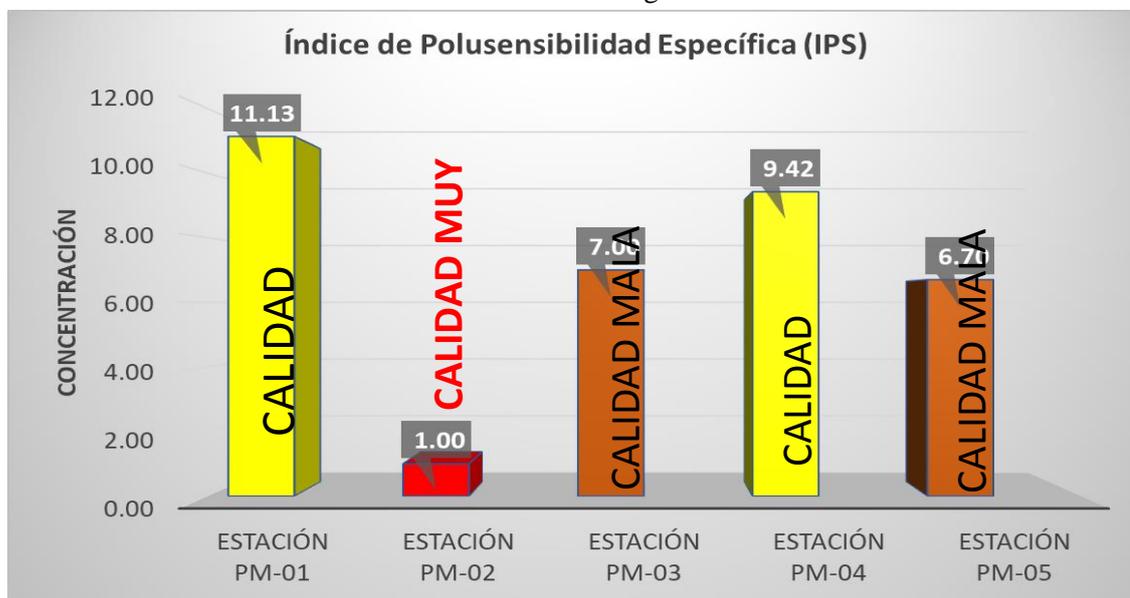
Fuente: *Elaboración Propia*

Para la interpretación de resultados se utilizó los índices de diatomeas IPS. La escala del 1 al 20 en la que se circunscriben los resultados de los Índices descritos cabe interpretarla del modo siguiente¹⁰:

CALIDAD DEL AGUA	VALOR DEL ÍNDICE
Calidad excelente	> 17
Calidad buena	13 – 17
Calidad moderada	9 – 13
Calidad mala	5 – 9
Calidad muy mala	< 5

¹⁰ Estudio de Determinación de Índices Bióticos En 87 Puntos de los Ríos de Navarra-Informe Final. España 2005

GRAFICO N° 05: Calidad de Agua en el Río San Juan



Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

Como se puede apreciar en la Tabla N° 05 y Gráfico N° 04 las especies de Comunidad Fitoplanctónica (algas microscópicas) encontradas en el río San Juan son: Diatomea y Spirogyra, la diferencia de estas especies, por experiencia bibliográfica, es que la especie Spirogyra es más sensible a la presencia de aguas residuales domésticas e industriales, estos tienden a disminuir o ser nulo en su número de individuos, al contrario de la especie Diatomea que son más resistentes a la presencia de aguas residuales domésticas e industriales.

Ahora se puede apreciar en la Tabla N° 05 y Gráfico N° 04 las especies de Comunidad Fitoplanctónica (algas microscópicas) en la Estación PM-01 (aguas arriba de la confluencia del río Ragra) el número de Diatomea es de 35 y la Spirogyra 43 ambas especies en buen número, si constatamos en la Tabla N° 06 y

Gráfico N° 05, con la aplicación de la fórmula de Índice de Polusensibilidad Específica tenemos los resultados 11.73, este resultado representa “Moderada Calidad de Agua”, lo cual en campo se puede apreciar estas aguas visualmente se encuentran en buena calidad.

En la Estación PM-02 (río Ragra, 100 metros antes de la confluencia de río San Juan) el número de Diatomea es de 11 y la Spirogyra 4 ambas especies en bajo número, si constatamos en la Tabla N° 06 y Gráfico N° 05, con la aplicación de la fórmula de Índice de Polusensibilidad Específica tenemos los resultados 1, este resultado representa “Muy Mala Calidad de Agua”, lo cual en campo se puede apreciar que estas aguas visualmente se encuentran en mala calidad.

Aguas abajo de la confluencia del río Ragra en la Estación PM-03, el número de Diatomea es de 5 y la Spirogyra 0 ambas especies en bajo número y más aún la Spirogyra no se encuentra en el análisis realizado, si constatamos en la Tabla N° 06 y Gráfico N° 05, con la aplicación de la fórmula de Índice de Polusensibilidad Específica tenemos como resultado 7, este resultado representa “Mala Calidad de Agua”, lo cual en campo se puede apreciar que estas aguas visualmente se encuentran en mala calidad, esto por el vertimiento de aguas del río Ragra, afectando en la disminución de Comunidad Fitoplanctónica (algas microscópicas).

A 1000 metros del río San Juan (confluencia de río San Juan con el río Ragra) estación PM-04, el número de Diatomea es de 18 y la Spirogyra 13 ambas especies a diferencia de la estación PM-3 mejora su número en el análisis realizado, si constatamos en la Tabla N° 06 y Gráfico N° 05, con la aplicación de la fórmula de Índice de Polusensibilidad Específica tenemos los resultados 9.42, este resultado representa “Moderada Calidad de Agua”, lo cual en campo se puede apreciar que

estas aguas visualmente se encuentra en moderada calidad lo cual va mejorando a diferencia de la estación de PM-03, incrementando el número de la Comunidad Fitoplanctónica (algas microscópicas).

Finalmente, el río San Juan (zona de Sacra Familia) en la Estación PM-05, el número de Diatomea es de 9 y la Spirogyra 3 ambas especies a diferencia de la estación PM-4 disminuye en su número en el análisis realizado, si constatamos en la Tabla N° 06 y Gráfico N° 05, con la aplicación de la fórmula de Índice de Polusensibilidad Específica tenemos los resultados 6.70, este resultado representa “Mala Calidad de Agua”, lo cual en campo se pudo apreciar que estas aguas visualmente se encuentra en mala calidad, esta afectación se debe a que en esta zona se aprecia el vertimiento de aguas del lavado de arena en la zona de Sacra Familia, afectando en su calidad.

4.3 Prueba de hipótesis

Para la investigación se planteó la hipótesis general expresando lo siguiente:

“El impacto producido es negativo con respecto al vertimiento de aguas de los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar”.

Finalizada nuestra investigación podemos mencionar que la hipótesis es válida, ya que se constató que los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas es alta, llegando a determinar la mala calidad de agua, esto después del vertimiento de las aguas del río Ragra.

4.4 Discusión de resultados

La discusión de resultados ya concluida denominada: **“IMPACTO DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS E**

INDUSTRIALES EN LAS COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS DEL RÍO SAN JUAN-DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR-PROVINCIA DE PASCO-2018” los resultados muestran los siguientes:

Como se puede evidenciar en la interpretación de resultados solamente se encontraron en el río San Juan las especies de Diatomea y Spirogyra, como se vuelve a recalcar, la diferencia de estas especies por experiencia bibliográfica, es que la especie Spirogyra es más sensible, ésta especie a la presencia de aguas residuales domésticas e industriales tiende a disminuir o ser nulo en su número de individuos, al contrario la especie de Diatomea es más resistente a la presencia de aguas residuales domésticas e industriales.

De los resultados podemos determinar que en la estación PM-01 se presenta “Buena Calidad de Agua” en la observación de campo se evidenció que las aguas presentan gran cantidad de algas micrófitos lo que demuestra con el análisis de aguas realizadas la presencia abundante de algas microscópicas.

Pero en la estación PM-02 (Río Ragra) 100 metros antes de la confluencia con el río San Juan el resultado representa “Muy Mala Calidad de Agua”, lo cual en campo se pudo apreciar que, esta agua se encuentra en buena calidad. Los vertimientos del Río Ragra son las aguas residuales de la población de Cerro de Pasco y Quiulacocha, asimismo las aguas industriales de AUREX y CERRO S.A.C.

Aguas abajo de la confluencia del río Ragra en la estación PM-03, los resultados representan “Mala Calidad de Agua”, esto producto de la confluencia de aguas del río Ragra afectando a la disminución de Comunidad Fitoplanctónica (algas microscópicas).

A 1000 metros confluencia de río San Juan con el río Ragra en la Estación PM-04, el resultado representa “Moderada Calidad de Agua”, lo cual va mejorando a diferencia de la estación PM-03, incrementando el número de la Comunidad Fitoplanctónica (algas microscópicas).

Finalmente, en la zona de Sacra Familia en la estación PM-05, el resultado representa “Mala Calidad de Agua”, en campo se puede apreciar que, si estas aguas visualmente se encuentran en mala calidad, esta afectación se debe a que en esta zona se aprecia el vertimiento de aguas del lavado de arena en la zona de Sacra Familia, afectando en su calidad.

Como se puede observar el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales afectan en su número a las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan, llevando aguas abajo agua de mala calidad.

CONCLUSIONES

1. La investigación se desarrolló en el río San Juan el cual se ubica a 7 Km de la ciudad de Cerro de Pasco, a 25 km aproximadamente al Norte del Lago de Junín y con una altitud promedio de 4250 msnm.
2. El vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales impactan negativamente en el número de las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan, llevando aguas abajo agua de mala calidad.
3. El río Ragra por contar con la mayor cantidad de vertimientos industriales (AUREX, VOLCAN S.A.A.) es la zona de mayor impacto sobre la comunidad fitoplanctónica.
4. Las especies de Comunidad Fitoplanctónica (algas microscópicas) que se encontraron en el río San Juan, fueron dos: Diatomea y Spirogyra, la diferencia de estas especies, por experiencia bibliográficas, es que la especie Spirogyra es más sensible, ésta especie tiende a disminuir o ser nulo en su número de individuos a la presencia de aguas residuales domésticas e industriales, al contrario de la especie de Diatomea que son más resistentes a la presencia de aguas residuales domésticas e industriales.

RECOMENDACIONES

Concluida la investigación llego a determinar las siguientes recomendaciones:

1. Utilizando como parámetro las comunidades fitoplanctónicas (Biológicos), son más reales en sus resultados para determinar la calidad de agua con respecto a los parámetros físicos químicos, ya que, a la hora de ser impactados las aguas, para su recuperación superan más días lo cual representaría que hubo impacto.
2. Se debe regular la normativa peruana para evaluar la calidad de agua con el uso de las comunidades fitoplanctónicas ya que son más representativas con respecto a los físicos químicos.

BIBLIOGRAFIA

- Autoridad Nacional del Agua. Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales Resolución Jefatural N° 010-2014-ANA
- Chester, J. R. (1971). Introduction to marine chemistry. London. Academic Press.
- Diego Fernano García Arias y Andrés Felipe Torres Cequera (2015). Universidad Santo Tomás. Facultad de Ingeniería Ambiental. División de Ingenierías. Bogotá D.C. Identificación de la Comunidad Planctónica y Determinación de Índices de Calidad del Agua en las Lagunas Chingaza, el Medio y el Arnical del Parque Nacional Natural Chingaza
- Gobierno de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Protocolo de Cálculo del Índice de Polusensibilidad Específica (2013).
- Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del EBRO. Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua – Protocolos de muestreo y análisis para Fitobentos. Octubre 2005.
- Hugo A. Yucra & Pedro M Tapia. 2008. El Uso de Microalgas Como Bioindicadoras de Polución Orgánica en Brisas de Oquendo, Callao, Perú. Artículo. Lab. de Ecofisiología Vegetal, Fac. de Ciencias Naturales y Matemática, Univ. Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú. Artículo.
- Luz Marina Yucra Torres (2017). Impacto del vertimiento de aguas residuales en las comunidades fitoplanctónicas de la zona marino costera de Ilo – Moquegua
- María Penalta R. y Carmen López R. (2007). Diatomeas y calidad del agua de los ríos del Macizo Central Gallego (Ourense, N.O. España) mediante la aplicación de índices diatomológicos. Dep. de Botánica. Fac. de Biología. Univ. de Santiago de Compostela. A Coruña. España.

- Naciones Unidas - Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano. (1972). Estocolmo.
- Riley, J. P. & Chester, R. (1971). Introduction to marine chemistry. London: Academic Press.
- Tansley, A. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. Oxford - Inglaterra: Universidad de Oxford.
- Tarazona, J.; Paredes, C.; Romero, L.; Blaskovich, V.; Guzmán, S. & Sánchez, S. (1983). Características de la Vida Planctónica y Colonización.

Páginas de Internet:

- Delimitarán faja marginal del río San Juan para prevenir inundaciones,
<https://andina.pe/agencia/noticia-Pasco-delimitaran-faja-marginal-del-rio-san-Juan-para-prevenir-inundaciones-724942.aspx>
- Fitoplancton
<https://www.ecured.cu/Fitoplancton>
- Qué es el plancton
<https://sailandtrip.com/que-es-el-plancton/>
- Metodología de la Investigación
<https://explorable.com/es/metodologia-de-la-investigacion.2008>
- Historia de la Ciencia y el Método Científico- Ramón Ruiz Limón
<http://www.eumed.net/libros-gratis/2007b/283/82.htm>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORE	MUESTRA	DISEÑO
¿Cómo impacta el vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar –Provincia de Pasco-2018?	Determinar el impacto de los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar –provincia de Pasco-2018.	El impacto producido es negativo con respecto al vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales en las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar.	Variable Independiente	POBLACIÓN	METODO
			Calidad fisicoquímica de las aguas residuales domésticas e industriales		
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	Variable Dependiente	TIPO DE MUESTRA	NIVEL
1. ¿Cuál es la zona de impacto directo sobre la comunidad fitoplanctónica a partir del punto de vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales?	1. Determinar la zona de impacto directo sobre la población fitoplanctónica a partir del punto de vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales.	H1. La zona de impacto directo sobre la población fitoplanctónica a partir del punto de vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales, es la afluyente del río Ragra.	Comunidades fitoplanctónicas	Está representada por 5 puntos monitoreo del río San Juan en la jurisdicción de distrito de Simón Bolívar, esto en base a los vertimientos identificados por la actividad doméstica e industrial, ubicada a 7 Km de la ciudad de Cerro de Pasco, comprende el tramo del río San Juan dando inicio en la unión de los ríos Rancas y Alcacocha en el lugar denominado PatancanCHA.	Descriptiva explicativa
2. ¿Cuál es el número de las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar –provincia de Pasco-2018?	2. Determinar el número de las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar –provincia de Pasco-2018.	H2. El número de las comunidades fitoplanctónicas del río San Juan-distrito de Simón Bolívar es baja.			DISEÑO
3. ¿Cuáles son las comunidades fitoplanctónicas presentes en el río San Juan-distrito de Simón Bolívar –provincia de Pasco-	3. Determinar las comunidades fitoplanctónicas presentes en el río San Juan-distrito de Simón Bolívar –Provincia de Pasco-2018.	H3. Las comunidades fitoplanctónicas presentes en el río San Juan-distrito de Simón Bolívar son las algas diatomeas.			No experimental

FICHA TECNICA DE MULTIPARAMETRO

Ficha Técnica del Producto Medidor Multiparamétrico de
pH/ORP/CE/OD/Presión/Temperatura Hanna Instruments SAS www.hannacolombia.com



Medidor Multiparamétrico de pH/ORP/CE/OD/Presión/Temperatura

HI 98194

Descripción

El HI98194 es un medidor Multiparametrico portátil impermeable con registro que monitorea hasta 12 parámetros de calidad del agua los cuales son 6 medidos y 6 calculados. La sonda multisensor con microprocesador permite la medición de parámetros claves como pH, ORP, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura. La sonda transmite lecturas digitalmente al medidor, donde se pueden exhibir y registrar puntos de datos. El uso de la comunicación digital permite una transferencia de datos libre de ruidos de hasta 100 metros de longitud. El sistema completo es simple de configurar y fácil de usar.

El medidor HI98194 presenta una pantalla de matriz de punto, retroiluminada con graficos en pantalla con la capacidad y la habilidad de ajustar automáticamente los tamaños de los dígitos que aparecen basadas en el número de parámetros seleccionados. Cada parámetro medido es totalmente configurable.

HI98194 está diseñado para soportar ambientes exigentes y es la solución ideal para las mediciones de campo de lagos, ríos y océanos. El medidor cumple con IP67 y la sonda multisensor cumple con las normas IP68.

Especificaciones

ESPECIFICACIONES DEL MEDIDOR:

Hanna Instruments SAS 1

www.hannacolombia.com



Ficha Técnica del Producto Medidor Multiparamétrico de
pH/ORP/CE/OD/Presión/Temperatura Hanna Instruments SAS www.hannacolombia.com



pH / mV	Rango	0.00 a 14.00 pH / ± 600.0 mV
	Resolución	0.01 pH / 0.1 mV
	Precisión	± 0.02 pH / ± 0.5 mV
	Calibración	Automático uno, dos, o tres puntos con automática reconocimiento de cinco estándar (pH 4.01, 6.86, 7.01, 9.18, 10.01) o un valor personalizado
ORP	Rango	± 2000.0 mV
	Resolución	0.1 mV
	Precisión	$\pm 1, 0$ mV
	Calibración	Automático en un punto personalizado (mV relativo)
CE	Rango	0 a 9999 $\mu\text{S/cm}$; 0.000 a 200.0 mS/cm (CE absoluta hasta 400.0 mS/cm)
	Resolución	Manual: 1 $\mu\text{S/cm}$; 0.001 mS/cm; 0.01 mS/cm; 0.1 mS/cm; 1 mS/cm; Auto-rango: 1 $\mu\text{S/cm}$ de 0 a 9999 $\mu\text{S/cm}$; 0.01 mS/cm de 10.00 a 99.99 mS/cm;
	Precisión	$\pm 1\%$ de de lectura o ± 1 $\mu\text{S/cm}$ cual sea mayor
	Calibración	automático a un punto, con seis estándar soluciones (84 $\mu\text{S/cm}$, 1413 $\mu\text{S/cm}$, 5.00 mS/cm, 12,88 mS/cm, 80.0 mS/cm, 111.8 mS/cm) o un punto personalizado
TDS	Rango	0 a 9999 ppm (mg/L); 0.000 a
	Resolución	Manual: 1 ppm (mg/L); 0.001 ppt (g/L); 0.01 ppt (g/L); 0.1 ppt (g/L); 1 ppt (g/L); auto-rango: 1 ppm (mg/L) de 0 a 9999 ppm (mg/L); 0.01 ppt (g/L) de 10.00 a 99.99 ppt (g/L); 0.1 ppt (g/L) de 100.0 a 400.0 ppt (g/L);
	Precisión	$\pm 1\%$ de de lectura o ± 1 ppm (mg/L), cual sea mayor
	Calibración	Basado en la calibración de conductividad
Resistencia	Rango	0 a 999999 $\Omega\cdot\text{cm}$; 0 a 1000.0 $\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$; 0 a 1.0000 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$
	Resolución	Depende de la lectura de la resistencia
	Calibración	Basado en la calibración de conductividad
Salinidad	Rango	0.00 a 70.00 PSU
	Resolución	0.01 PSU
	Precisión	$\pm 2\%$ de de lectura o ± 0.01 PSU Cual sea mayor
	Calibración	basado calibración de conductividad
Agua de mar Σ	Rango	0.0 a 50.0 Σt , $\Sigma ?$, $\Sigma??$
	Resolución	0.1 Σt , $\Sigma ?$, $\Sigma??$
	Precisión	± 1 Σt , $\Sigma ?$, $\Sigma??$
	Calibración	basado en la calibración de conductividad

Ficha Técnica del Producto Medidor Multiparamétrico de

pH/ORP/CE/OD/Presión/Temperatura Hanna Instruments SAS www.hannacolombia.com



Oxígeno Disuelto	Rango	0.0 a 500.0%; 0.00 a 50.00 ppm (mg/L)
	Resolución	0.1%; 0.01 ppm (mg/L)
	Precisión	0.0 a 300.0%: $\pm 1.5\%$ de de lectura o $\pm 1.0\%$ cual sea mayor; 300.0 a 500.0%: $\pm 3\%$ de la lectura; 0.00 a 30.00 ppm (mg/L): $\pm 1.5\%$ de la lectura o ± 0.10 ppm (mg/L), Cual sea mayor; 30.00 ppm (mg/L) a 50.00 ppm (mg/L): $\pm 3\%$ de la lectura
	Calibración	Automática en uno o dos puntos de 0 y 100% o un punto personalizado
Presión Atmosférica	Rango	450 a 850 mm Hg; 17.72 a 33,46 en Hg; 600.0 a 1133.2 mbar; 8.702 a 16.436 psi; 0.5921 a 1.1184atm ; 60.00 a 113.32 kPa
	Resolución	0.1 mm Hg; 0.01 en Hg; 0.1 mbar; 0.001 psi; 0.0001 atm; 0.01 kPa
	Precisión	± 3 mm Hg en $\pm 15^\circ$ C de temperatura durante calibración
	Calibración	automática en un punto personalizado
Temperatura	Rango	-5.00 a 55,00 ° C; 23.00 a 131,00 ° F; 268.15 a K 328,15
	Resolución	0.01° C; 0,01 ° F; 0,01 K
	Precisión	$\pm 0.15^\circ$ C; $\pm 0.27^\circ$ F; ± 0.15 K
	Calibración	automática en un punto personalizado
Especificaciones Adicionales	Compensación de Temperatura	automática de -5 a 55 ° C (23 a 131 ° F)
	Registro Memoria	45.000 registros (Registro continuo o a demanda de todos los parámetros)
	Registro Intervalo	una segundo a tres horas
	PC Conectividad	USB para PC con el software de Hanna HI9298194
	Medio ambiente	0 a 50 ° C (32 a 122 ° F); HR 100% IP67
	Batería Tipo / vida	Pilas 1, 5V AA (4) / aproximadamente 360 horas de uso continuo sin luz (50 horas con retroiluminacion)
	Dimensiones / Peso	185 x 93 x 35.2 mm (7.3 x 3.6 x 1,4") / 400 g (14.2 oz.)

ESPECIFICACIONES DE LA Sonda:

Sonda	HI7698194
Sensores	3 (pH, DO, EC)
Muestras ambientales	Fresca, salobre, agua de mar
Protección	IP68
Temperatura de funcionamiento	-5 a 55 ° C
Temperatura de almacenamiento	-20 a 70 ° C
Profundidad máxima	20 m (66')
Dimensiones (sin cable)	342 mm (13,5 pulgadas); diámetro 46 mm (1,8 pulg.)
Peso (sin pilas y sensores)	570 g (20,1 oz.)
Especificación del cable	Cable apantallado multiconductor con junta interna clasificado para el uso de hasta de 68 kg (150 lb). Uso intermitente



Accesorios

- **HI 7007L** Solucion pH 7.01 500 ml
- **HI 7004L** Solucion pH 4.01 500 ml
- **HI 7010L** Solucion pH 10.01 500 ml
- **HI 7061L** Solucion Limpieza uso general 500 ml
- **HI 70300L** Solucion de Almacenamiento 500 ml

Cómo pedir

HI98194 se suministra con sonda HI7698194, sensor de pH HI7698194-0, sensor de CE HI7698194-3 , sensor de OD HI7698194-2 , Kit de mantenimiento de sonda HI 76981942 (solución electrolítica HI 7042S, tapas de membrana OD (5), empaques para sensores (5), jeringa de grasa para lubricar las juntas tóricas), Hanna PC software HI9298194, cable micro USB HI920015, baterías 1.5V AA (4), manual de instrucciones, guía de inicio rápido, certificado de calidad y resistente estuche con termoformado personalizado.

Ventajas

- LCD Matriz de puntos con retroiluminación
- **Protección impermeable**
- **Conector rápido (Quick Din) de sonda digital**
- **Códigos de color, sensores reemplazables en terreno**
- **Reconocimiento automático del sensor**
- **Compensación automática de temperatura**
- **Compensación automática de la presión barométrica**
- **Registro de datos**
- **Función de calibración rápida o estándar**
- **Datos GLP**
- **Teclado intuitivo**
- **Tecla de ayuda dedicada**
- **Conectividad de PC**
- **Batería de larga duración**
- **Maleta resistente termoformada**

Video

No Especifica

FOTOGRAFÍA DE LA INVESTIGACIÓN

UBICACIÓN DE PUNTOS GEOGRÁFICOS CON GPS- EN EL RÍO SAN JUAN



MONITOREO DE LAS COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS- RÍO SAN JUAN



ANÁLISIS DE LAS COMUNIDADES FITOPLANCTÓNICAS- RÍO SAN JUAN

