

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

## Facultad de Ciencias

Escuela Académico Profesional de Biología-Microbiología

“DIVERSIDAD DE DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES  
DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA Y POR METALES  
PESADOS EN LOS HUMEDALES DE ITE, TACNA”

### TESIS

Presentada por:

**Bach. Sandra Inca Ormachea**

Para optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGO MICROBIÓLOGO**

TACNA - PERÚ

2014

**UNIVERSIDAD NACIONAL "JORGE BASADRE GROHMANN"**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Escuela Académico Profesional de Biología – Microbiología**

**Tesis N° 228**

**Título profesional de Biólogo Microbiólogo**

El secretario Académico Administrativo de la Facultad de Ciencias, certifica que por resolución de Facultad N° 7905-2014, el consejo de facultad designó como jurado para la sustentación de tesis: **"DIVERSIDAD DE DIATOMEAS COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINACION ORGÁNICA Y POR METALES PESADOS EN LOS HUMEDALES DE ITE, TACNA"**

El mismo que estuvo conformado por:

**Presidente:** Dr. Segundo Manuel Alvarado Contreras

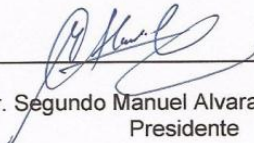
**Secretario:** Mgr. Roberto Castellanos Cabrera

**Vocal:** MSc. Daladier Miguel Castillo Cotrina

Para examinar y calificar la sustentación del informe de tesis en acto público, en el auditorio de la Facultad de Ciencias de la UNJBG, el día 10 de Octubre del 2014 a las 10:00 horas. Presentada por la **Bachiller Sandra Inca Ormachea**, de la Escuela Académico Profesional de Biología – Microbiología.

El jurado calificador en forma secreta e individual se pronunció acerca de su calificativo sobre el informe expuesto y procedió a emitir el siguiente veredicto. **APROBADO** por **UNANIMIDAD** y con el calificativo de **BUENO** con nota (16).

Para ratificar lo detallado firman:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Segundo Manuel Alvarado Contreras  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Mgr. Roberto Castellanos Cabrera  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
MSc.. Daladier Miguel Castillo Cotrina  
Vocal

## **DEDICATORIA**

A mi mamá Leonor Ormachea, por todas las palabras de aliento para la culminación de mis estudios profesionales, por estar presente en todos los buenos momentos de mi vida, por ser el ejemplo de lucha y perseverancia, por confiar en mí y darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado haciendo realidad este sueño anhelado.

A mi mamá que ha sabido entender en todo momento mis ausencias y malos momentos, que a pesar de la distancia ha hecho que todo sea más llevadero que con todas esas palabras de aliento hicieron de estos años los más llevaderos.

A mi asesor de tesis, M. Sc. Pablo Franco, por la dedicación en la realización de dicho estudio, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y su motivación ha logrado que pueda culminar con la realización de la tesis y convertirme en una buena profesional.

A mi co-asesora, Dra. Lorena Cornejo Ponce por haberme permitido y facilitado la realización de mi trabajo de tesis en el Laboratorio de Investigaciones Medioambientales de Zonas Áridas (LIMZA), EUIIS, Universidad de Tarapacá y Área de Recursos Naturales, Centro de Investigaciones del Hombre en el Desierto, CIHDE. Arica, Chile.

A Israel Valenzuela por haberme guiado en todo lo referente a los análisis de agua, así mismo a Pablo Figueroa por el apoyo y consejos, y también a todos los chicos del laboratorio LIMZA, Arica quienes me dieron las facilidades para la realización de dicha tesis.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis amigos quienes me acompañaron a las salidas de campo y haber soportado el fuerte sol y largas caminatas.

A mis amigas por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré

A todos ellos, muchas gracias.

## RESUMEN

Las diatomeas constituyen uno de los principales grupos taxonómicos en los sistemas acuáticos, de tal manera que en los cuerpos de agua suponen alrededor del 80-90% de la comunidad de microorganismos. Las diatomeas han sido utilizadas de diversas maneras, ya sea como insecticida o como fertilizantes naturales, actualmente se les buscan nuevas aplicaciones en diferentes campos de la ciencia y tecnología.

En términos medioambientales, las diatomeas responden de manera rápida y característica a diferentes cambios, lo que permite ser utilizadas como bioindicadores para determinar la calidad ecológica del agua.

El propósito de la investigación fue determinar la diversidad de diatomeas como bioindicadores de contaminación orgánica y por metales pesados del agua del Humedal de Ite, ubicado en la Provincia de Jorge Basadre, Se realizaron muestreos mensuales desde diciembre del 2013 hasta marzo del 2014, se realizaron mediciones de 5 parámetros *in situ* y el análisis de 14 parámetros determinados en Laboratorio, los promedios obtenidos de las evaluaciones no mostraron marcadas variaciones a lo largo de los meses de muestreo, estos valores son importantes para ver el comportamiento de las diatomeas en el medio acuático, los promedios hallados de los parámetros

en su mayoría dieron valores por encima de lo establecido por la Norma Peruana ECA para aguas.

Las muestras de agua que se tomaron para la identificación de diatomeas, fueron conservadas en formol al 4%, para su posterior conteo en la cámara de Sedgwick – Rafter (1ml). La diversidad de diatomeas del Humedal de Ite, están distribuidas en 129 especies, con 29 familias y 33 géneros que están en 9 órdenes. El índice diatómico genérico (IDG), en los cuatro meses de muestreo, dio como resultado, que el agua del Humedal de Ite presenta una polución fuerte.

Las especies con mayor abundancia fueron *Campilodiscus bicostatus*, *Cyclotella cyclopenta* y *Cyclotella* sp., demostrando que estas especies podrían ser bioindicadores de contaminación orgánica y por metales pesados, debido a que no fueron afectadas por la presencia de los elementos contaminantes presentes en el Humedal.

## CONTENIDO

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1.	Enunciado del problema.....	3
1.2.	Delimitación del problema .....	4
1.3.	Justificación del problema.....	5
1.4.	Hipótesis.....	7
1.5.	Objetivos.....	7
1.5.1.	Objetivo general .....	7
1.5.2.	Objetivos específicos .....	7
1.6.	Variables .....	8
1.6.1.	Variable Dependiente .....	8
1.6.2.	Variable Independiente .....	8
<b>II.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	9
2.1.	Antecedentes .....	9
2.2.	Humedales.....	15
2.3.	Humedal de Ite.....	18
2.4.	Uso de organismos como indicadores biológicos.....	20
2.5.	Uso de diatomeas como bioindicadores.....	23
2.5.1.	Ventajas de las diatomeas como bioindicadores .....	26
2.6.	Diatomeas (Bacillariophyceae).....	32
2.6.1.	Morfología de las diatomeas .....	33
2.6.2.	Principales rasgos morfológicos de carácter diagnóstico .....	38
2.6.3.	Reproducción de las diatomeas.....	40
2.6.4.	Aspectos ecológicos de las diatomeas .....	44

2.7.	Índice basado en la comunidad de diatomeas.....	46
2.7.1.	Índice Diatómico General (IDG).....	46
2.8.	Parámetros físico-químicos.....	47
2.8.1.	Características físicas.....	47
2.8.2.	Características químicas.....	52
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	59
3.1.	Metodología de Campo:.....	59
3.1.1.	Zona de Muestreo.....	59
3.2.	Muestreo para la identificación y recuento de Diatomeas:.....	62
3.3.	Análisis de las variables fisicoquímicas del agua:.....	63
3.4.	Procedimiento en laboratorio.....	65
3.4.1.	Recuento e identificación de diatomeas:.....	65
3.5.	Tratamiento de datos.....	67
3.6.	Índices de diversidad.....	67
3.7.	ÍNDICE DIATÓMICO GENERAL (IDG).....	70
IV.	RESULTADOS.....	71
4.1.	Parámetros Físico-Químicos.....	71
4.2.	Composición y estructura de la Comunidad de Diatomeas.....	85
4.3.	Calidad del agua del Humedal de Ite.....	98
V.	DISCUSIÓN.....	101
VI.	CONCLUSIONES.....	115
VII.	RECOMENDACIONES.....	117
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	118
IX.	ANEXOS.....	129

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 1.</b>	Fluctuación del pH en los 4 meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	72
<b>Gráfico N° 2.</b>	Fluctuación de la conductividad eléctrica por mes de muestreo, comparada con la norma ECA.....	73
<b>Gráfico N° 3.</b>	Fluctuación del oxígeno disuelto en los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	74
<b>Gráfico N°4.</b>	Fluctuación de los sólidos totales disueltos en los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	75
<b>Gráfico N°5.</b>	Fluctuación de la turbiedad en los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	76
<b>Gráfico N°6.</b>	Fluctuación del arsénico durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	78
<b>Gráfico N°7.</b>	Fluctuación del boro durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	79
<b>Gráfico N° 8.</b>	Fluctuación del nitrato durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	80
<b>Gráfico N° 9.</b>	Fluctuación de los sulfatos durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	81
<b>Gráfico N° 10.</b>	Fluctuación del cloruro durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	82
<b>Gráfico N°11.</b>	Fluctuación del fósforo durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	83

<b>Gráfico N°12.</b>	Fluctuación del sodio durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.....	84
<b>Gráfico N° 13.</b>	Taxas con mayor abundancia de organismos presentes en los puntos de muestreo durante todos los meses de estudio.....	88
<b>Gráfico N° 14.</b>	Total de individuos con el total de taxas en cada punto de muestreo, en los 4 meses de estudio.....	92
<b>Gráfico N° 15.</b>	Índices de diversidad (Shannon, Menhinick y Margalef) en cada punto de muestreo, en los meses de muestreo. ....	93
<b>Gráfico N° 16.</b>	Porcentaje de similaridad según el índice de Morista de los 4 meses de muestreo.....	94
<b>Gráfico N°17.</b>	Fluctuación del nitrato durante los meses de muestreo, con relación a la diversidad de Shannon.....	95
<b>Gráfico N° 18.</b>	Fluctuación del fósforo durante los meses de muestreo, con relación a la diversidad de Shannon.....	96
<b>Gráfico N°19.</b>	Fluctuación del nitrato durante los meses de muestreo, con relación a la abundancia de especies.....	97
<b>Gráfico N° 20.</b>	Valores del índice diatómico genérico (IDG) durante los meses de muestreo.....	98
<b>Gráfico N° 21.</b>	Abundancia de especies por cada mes de muestreo con relación a la turbidez.....	99

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen N° 1.</b>	Estructura de un frústulo de una Diatomea.....	36
<b>Imagen N°2.</b>	Células vivas pertenecientes a los géneros <i>Navícula</i> y <i>Gomphonema</i> en las que se puede observar el material intracelular.....	37
<b>Imagen N° 3.</b>	Vista o plano valvar de una Diatomea.....	37
<b>Imagen N° 4.</b>	Morfología y simetría de dos grupos de diatomeas....	40
<b>Imagen N° 5.</b>	Reproducción asexual de una diatomea.....	42
<b>Imagen N° 6.</b>	Reproducción sexual de diatomea.....	44
<b>Imagen N° 7.</b>	Ubicación del humedal de Ite.....	60

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N° 1.</b>	Rangos para estimar la calidad del agua, adoptada según el IDG.....	47
<b>Cuadro N° 2.</b>	Coordenadas UTM de las estaciones de muestreo....	62
<b>Cuadro N° 3.</b>	Parámetros fisicoquímicos del agua.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1.</b> Promedios de los parámetros físicos del agua, medidos <i>in situ</i> del humedal de Ite.....	71
<b>Tabla N°2.</b> Promedios de los parámetros fisicoquímicos del agua analizados en laboratorio del humedal de Ite.....	77
<b>Tabla N° 3.</b> Especies más abundantes en los puntos de muestreo.....	89
<b>Tabla N° 4.</b> Índices de diversidad por puntos de muestreo del mes de diciembre a marzo.....	90

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo N°1.</b>	Ubicación de los puntos de muestreo en el humedal de Ite. .....	127
<b>Anexo N° 2.</b>	Determinación de fósforo en agua.....	128
<b>Anexo N° 3.</b>	Determinación de boro en agua.....	130
<b>Anexo N° 4.</b>	Determinación de Nitrato en agua.....	132
<b>Anexo N°5.</b>	Determinación de sulfatos en agua.....	133
<b>Anexo N°6.</b>	Determinación de cloruro en agua.....	135
<b>Anexo N°7.</b>	Determinación de dureza en agua.....	136
<b>Anexo N°8.</b>	Determinación de arsénico en aguas.....	137
<b>Anexo N°9.</b>	Determinación de potasio en agua.....	139
<b>Anexo N°10.</b>	Determinación de calcio en agua.....	140
<b>Anexo N°11.</b>	Estándares nacionales de calidad ambiental para agua – categoría 3: bebidas de animales “I”.....	141
<b>Anexo N°12.</b>	Estándares nacionales de calidad ambiental para agua – categoría 4: conservación del ambiente acuático.....	142
<b>Anexo N°13.</b>	Parámetros fisicoquímicos del agua del humedal de Ite medidos en terreno ( <i>in situ</i> ).....	143

<b>Anexo N°14.</b>	Parámetros fisicoquímicos del agua del humedal de Ite analizados en laboratorio.....	145
<b>Anexo N°15.</b>	Cuantificación de las especies de diatomeas por punto de muestreo – diciembre y enero.....	148
<b>Anexo N°16.</b>	Cuantificación de las especies de diatomeas por punto de muestreo – febrero y marzo.....	152
<b>Anexo N° 17.</b>	Lista de taxones utilizados como indicadores de calidad del agua para determinar el IDG.....	157
<b>Anexo N° 18.</b>	Teratología de diatomeas del humedal de Ite.....	160

## I. INTRODUCCIÓN

El Humedal de Ite es un ecosistema, como cualquier otro humedal, que depende de su existencia del contenido hidrológico; en el caso de este ecosistema, es el río Locumba el principal afluente de aguas, así como las influencias del mar y de los vientos alisios, los que mantienen el contenido de agua; a esto también hay que agregar a la precipitación que es del orden de los 60mm anuales, pero que viene siendo afectado por la contaminación antropogénica ya sea por los depósitos de relaves mineros o la descarga de residuos de animales o desechos de la población.

La necesidad de detectar estos cambios en este medio acuático nos lleva a la aplicación de diferentes técnicas de evaluación en la cuales destaca la del uso de indicadores biológicos, debido a que la evaluación de la calidad ambiental de las aguas es el efecto que tendrá sobre la vida, así que deben ser los organismos los que caractericen e informen de la calidad ambiental del medio.

Es así que la elección del nivel de comunidad se realiza por la imposibilidad práctica de trabajar con el ecosistema en su totalidad, por ello que en los

estudios se realizan encaminados hacia alguno de sus componentes y asumiendo que sus respuestas son un reflejo general de las condiciones del medio por ello para determinar el estado trófico de un Humedal se usan principalmente la Diversidad de diatomeas como indicadores biológicos, debido a que las diatomeas son reconocidas por ser indicadoras de cambios en las condiciones ambientales asociados a elevadas concentraciones de fosfatos y amonio, y altas temperaturas entre otras, por lo que el trabajo se centra en la identificación, cuantificación de las diferentes taxas de diatomeas para así determinar los índices de diversidad.

Así mismo se evaluó los parámetros físico-químicos tanto *in-situ* como en laboratorio para poder determinar si las diatomeas presentes en dicho sistema acuático, se ven o no afectados por dichos parámetros.

### **1.1. Enunciado del problema**

Los Humedales de Ite, se encuentran a 90 km noroeste de la ciudad de Tacna; este ecosistema costero es una formación artificial producto de la deposición de materiales de relave minero sobre la playa, y de la ampliación de la frontera agrícola en el sector Ite Norte (**Pulido & Tabilo-Valdivieso, 2001**). Está formado por un grupo de lagunas de agua salobre con una profundidad máxima de 2 metros interconectadas por estrechos canales y situadas detrás de la playa de arena cerca de la desembocadura del río Locumba (**Pro-Naturaleza, 2010**).

Este escenario no solo ha sufrido las consecuencias de la contaminación minera durante 30 años, contaminándolo con metales pesados, que aún en la actualidad se pueden observar, sino que también se ha convertido en zona de sobrepastoreo permanente de los pobladores de Ite; las cuales llevan alrededor de 400 cabezas de ganado a este ecosistema, donde se alimentan y descargan sus heces al medio acuático, y forman parte de la materia orgánica. Así mismo, los pobladores están usando este

ecosistema como basurero de sus residuos sólidos y está recibiendo descargas de manera constante de aguas domésticas (**Franco. et. al., 2009**).

Todas estas condiciones llevan al sistema a un estado de contaminación del Humedal la cual nos permite realizar la siguiente interrogante:

¿Cuál es la diversidad de diatomeas como bioindicadores de contaminación orgánica y por metales pesados del Humedal de Ite, Tacna?

## **1.2. Delimitación del problema**

El presente trabajo se llevó a cabo en el Humedal de Ite, distrito de Ite, provincia Jorge Basadre, de la Región Tacna. Dicha zona está ubicada en el Valle de Ite a 115 Km. de Tacna, vía costanera. Está ubicado en el nivel ecológico bajo (Región ecográfica Costa o Chala de 0 a 80 m. de altitud). Este distrito se encuentra entre los 17° 51' 27" de Latitud Sur y 70° 57' 47" de Longitud Oeste. Limita por el norte con Punta Alfarillo y por el sur con Punta Brava, que comprende las zonas conocidas como Playa

Inglesa y Playa Ite, por el este con la irrigación Ite - Pampa Baja y por el oeste con el Océano Pacífico.

### **1.3. Justificación del problema**

La elección del tema de estudio ha tomado en consideración la importancia ecológica que presenta la comunidad de diatomeas, y su relación con su medio. Con el objetivo de determinar la diversidad de diatomeas como bioindicadores de contaminación orgánica y por metales pesados del agua del humedal de Ite.

Los humedales brindan una serie de beneficios los cuales no son convenientemente aprovechados, habiendo existido durante mucho tiempo una falta de preocupación por el cuidado del medio ambiente, se han producido una serie de impactos negativos a estos ecosistemas, por el desarrollo desordenado, crecimiento desmedido de las poblaciones o el uso de los recursos, que han destruido muchas de las áreas naturales, siendo ellos de una belleza única, haciendo necesario aprovecharlos en su justa

medida, conservándolos y propiciando el desarrollo local **(INRENA. 2005)**.

Este escenario no solo ha sufrido las consecuencias de la contaminación minera durante 30 años, contaminándolo con metales pesados, que aún en la actualidad se pueden observar, sino que también se ha convertido en zona de sobrepastoreo permanente de los pobladores de Ite; las cuales llevan alrededor de 400 cabezas de ganado a este ecosistema, donde se alimentan y descargan sus heces al medio acuático, y forman parte de la materia orgánica. Todas estas condiciones llevarían al Humedal a un estado de contaminación **(Franco. et. al., 2009)**.

La presente investigación permitirá conocer el estado de contaminación mediante el uso de las diatomeas, debido a que estos microorganismos son reconocidos por ser indicadores de cambios en las condiciones ambientales asociados a elevadas concentraciones de fosfatos, amonio, y altas temperaturas entre otros factores **(Paerl & Huisman 2009)**.

#### **1.4. Hipótesis**

La diversidad de diatomeas como bioindicadores de contaminación orgánica y de metales pesados presenta una variedad de taxas en el humedal de Ite, Tacna.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

- Determinar la diversidad de diatomeas como bioindicadores de contaminación orgánica y por metales pesados del Humedal de Ite – Tacna.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las características fisicoquímicas del medio acuático en cada punto de muestreo.
- Caracterizar taxonómicamente las comunidades de diatomeas del Humedal de Ite.

- Cuantificar los taxas de diatomeas para la aplicación de índices de diversidad e índices biológicos.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Variable Dependiente**

- Diversidad de diatomeas

### **1.6.2. Variable Independiente**

- Contaminación orgánica
- Metales pesados

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Los Humedales en el Perú, son ecosistemas hidromórficos ubicados en zonas costeras y andinas, los cuales forman el hábitat de diversos tipos de organismos. Los humedales en general representan uno de los ecosistemas más productivos del planeta, cumpliendo al mismo tiempo funciones ecológicas fundamentales para el hombre como ser la regulación de los regímenes hidrológicos y la provisión de recursos de los cuales dependen las comunidades locales vecinas a estos ambientes **(Canevari et. al., 1999)**.

El recurso más importante para la vida en el planeta y probablemente en todo el Universo, es el agua, el recurso de recursos. Sin embargo, hay muy poca agua dulce disponible para consumo humano: el 88% del agua del mundo es salada, el otro 12% es dulce; del cual el 8% está congelada, y de la que resta, el 3.9% está bajo tierra y tan solo el 0.1% restante, está disponible

para el ser humano. La escasa agua dulce disponible en el planeta se encuentra en los humedales (**Tabilo-Valdivieso, 2003**).

La diversidad biológica y el grado de complejidad ecológica no están distribuidos de forma homogénea a lo largo y ancho del planeta. La biodiversidad tiende a concentrarse en “puntos claves” como los humedales, considerados como parte de los ecosistemas más productivos del mundo (**Ramsar, 1999**).

Los humedales costeros brindan múltiples beneficios a las áreas que lo circundan como aminorar la velocidad de la corriente de agua proveniente de la cuenca y estimular la deposición de sedimentos y asimilación de nutrientes acarreados por ella.

A pesar de los grandes beneficios que los humedales aportan a la sociedad, los humedales son aun considerados lugares inhóspitos, peligrosos, “tierras inundadas” y sin valor económico para el desarrollo del hombre. Esto ha provocado el mal uso y abuso en el uso de los humedales y sus recursos

naturales, a tal grado de destruirlos, modificando su régimen hidrológico y ciclo de nutrientes (**Mitsch y Gosselink, 1993**).

Los humedales sufren lo que se ha dado en llamar la “tragedia del bien público”, dado que al tratarse de un recurso común nadie se ocupa de su cuidado. Hasta tal punto ha llegado la situación que los humedales se cuentan en la actualidad entre los ecosistemas más amenazados del planeta. Mantener la diversidad y la calidad de los humedales es necesario no sólo para preservar la biodiversidad, sino también para asegurar el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales (**Blanco y Carbonell, 2001**).

La preocupación del Gobierno Peruano por la conservación de los humedales, se ha manifestado a través del Sistema Nacional de Áreas Protegidas por el Estado (SINANPE), que contiene importantes muestras representativas de estos ecosistemas. Sin embargo, muchos humedales no se encuentran protegidos y no se ha evaluado el enorme potencial que poseen (**Pro-Naturaleza, 2010**).

Los avances realizados en la elaboración de la Estrategia Nacional de Conservación de los Humedales en el Perú, constituye un paso adelante en la consolidación de la Estrategia Nacional de Conservación(**Pro-Naturaleza, 2010**).

En la Investigación, la necesidad de generar información básica para orientarla al manejo sostenible; evaluar los aspectos culturales y socioeconómicos; establecer sistemas de clasificación y priorización de humedales; y principalmente el de evaluar el estado de contaminación de los humedales; como resultado de los cambios provocados por las diversas actividades antropogénicas, tiene como consecuencia que la calidad del agua que sostiene a una gran variedad de organismos sea alterada en diferentes grados (**Tapia, 2007**).

Según Chapman, 1996 la calidad del ambiente acuático es definida como la composición y bienestar de la biota en un cuerpo de agua. Al mismo tiempo, ésta engloba las concentraciones, expectativas y divisiones físicas de sustancias orgánicas e inorgánicas.

Al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de comunidades de organismos surge el término de calidad biológica. Se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias **(Alba-Tercedor, 1996)**.

Bajo éste panorama, algunos organismos acuáticos pueden resistir adaptándose a condiciones deletéreas definiendo así el ambiente, u otros desaparecer por no soportar condiciones de impacto **(De la Lanza, Hernández & Carvajal, 2000)**. De esta manera surge la necesidad de proponer aquellos organismos que caracterizan condiciones particulares, para ser usados como indicadores de la calidad del agua, como una herramienta incluso, para generalizarse en el monitoreo de los ecosistemas acuáticos **(Loza et. al., 2007)**.

A pesar de las desventajas, el uso de información biológica en la toma de decisiones en la calidad del agua se ha incrementado a partir de los años setenta en diferentes países, sobre todo como una herramienta analítica para dar información de la estructura y función de las comunidades biológicas presentes o sobre el cambio de condiciones pasadas (**Badylak et al., 2007**).

Es así que los organismos vivos son verdaderos elementos integradores de la calidad del agua. Los indicadores biológicos son utilizados para detectar la existencia de condiciones que son complejas de interpretar y resultan de una multitud de factores difíciles de medir directamente (**Descy, 1979**).

La dominancia cuantitativa de un grupo de especies puede dar buenas indicaciones de las características naturales del agua en una estación de muestreo. Por lo tanto la estimación del grado de polución del agua puede ser calculada en base a la abundancia relativa numérica de las especies (**Descy, 1979**).

## **2.2. Humedales**

Los humedales son ecosistemas que dependen de un régimen acuático, es decir, del agua, durante todo el año, como los pantanos o sólo durante una temporada como lagos y manglares así mismo estos poseen un relevante valor ecosistémico y ambiental, además de constituirse como sistemas complejos debido a que sus condiciones responden a factores como: precipitación, la altura y la geomorfología entre otros **(Weilhoefer & Pan, 2007)**.

Los humedales también brindan una serie de beneficios los cuales no son convenientemente aprovechados, habiendo existido durante mucho tiempo una falta de preocupación por el cuidado del medio ambiente se han producido una serie de impactos negativos a estos ecosistemas, por el desarrollo desordenado y crecimiento desmedido de las poblaciones y las actividades mineras que utilizan estas zonas como depósito de materiales de desecho. Por lo tanto, su conservación en el contexto del manejo de los cambios ambientales que se han

generado por el deterioro del capital natural, se hace indispensable. Para este fin se deben optimizar herramientas que contribuyan al monitoreo de dichos sistemas y en consecuencia se logre optimizar la adopción de medidas que permitan su rehabilitación y/o restauración **(Rivas, A.W. et. al. 2010)**.

De acuerdo con lo anterior y con miras al cumplimiento de la política nacional para aplicar los compromisos de la Convención Ramsar **(Davis et al. 1996)**, es que la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611; en su artículo N° 98 menciona que la conservación de los ecosistemas se orienta a conservar ciclos y procesos ecológicos, a prevenir procesos de su fragmentación por actividades antrópicas y a dictar medidas de recuperación y rehabilitación, dando prioridad a ecosistemas especiales o frágiles.

Esto implica entre otros aspectos el entendimiento de las relaciones dinámicas que se presentan, debido a que cada uno de los elementos tanto bióticos como abióticos, que integran la estructura de un sistema de humedal, responde a las condiciones ambientales en función de sus atributos internos (límites de

tolerancia ambiental) y externos, tales como las interacciones y los agentes que regulan su comportamiento (pulso de inundación, carga de nutrientes, entre otros). De este modo, se pueden utilizar componentes del humedal para monitorear su estado, como es el caso de los bioindicadores y trasladar esa condición al estado de salud del humedal.

A través de su estudio se pueden dar inferencias de las condiciones generales del ecosistema en diferentes escalas espacio-temporales y así asociarlas eficientemente con un seguimiento general. Tomando esto en cuenta se hace necesaria la selección de un componente que sea útil como bioindicador y obtener de este modo estimaciones certeras de las condiciones que se presentan en un ecosistema en particular. Es así que se usa como referente a las diatomeas debido a que en términos medioambientales, éstas responden de manera rápida y característica a diferentes cambios, lo que permite ser utilizadas como bioindicadores para determinar la calidad ecológica del agua **(Rivas, A.W. et. al. 2010)**.

### **2.3. Humedal de Ite**

El origen del humedal se remonta al año 1940, cuando su ancho de playa no era mayor a los 80 m y contenía a una agricultura incipiente. Su formación se debe al estuario originado por el Río Locumba, y así como también, por los afloramientos del agua proveniente de las zonas agrícolas de Pampa Alta y Baja del distrito de Ite. Por los años 60, la compañía Southern Perú Cooper Corporation (SPCC), comenzó el depósito de desechos mineros, provocando una alteración del ecosistema **(Morris & Panty, 1999)**.

A partir de 1960, año en que se inició la deposición de relaves provenientes de la mina de Toquepala en la bahía de Ite, gran parte de la playa de guijarros quedó cubierta por arenas de relave, y el área de playa comenzó a crecer paulatinamente desde la berma litoral hacia el mar **(Zegarra, 1995)**.

En la zona de pampa baja podemos encontrar el principal atractivo turístico lo constituye la biodiversidad de aves tanto perennes y no perennes, reptiles, otros. Además de una inmensa flora y de los llamados filtros de agua, que hacen posible el filtrado de agua de mar “agua salada” a agua dulce; también podemos encontrar contaminación ambiental que hace posible que se desarrollen mosquitos como *Anopheles* sp. **(Barra et. al., 2005)**.

Las lagunas de Ite no solo alberga gran cantidad de flora y fauna si no también, la formación de sus lagunas, pozos, arroyos, filtraciones permanentes que permite el desarrollo de una micro flora y microfauna adaptadas a las condiciones de contaminación que presentan los cuerpos de agua **(Zegarra, 1995)**.

El problema principal que se presentan en la zona sur del país son la presencia de desembocadura de los relaves mineros que traen sustancias toxicas como arsénico, cianuro, mercurio, nitratos, hidrocarburos entre otros. Las actividades de minas de cobre, son las que producen altos grados de contaminación del

medio ambiente en la zona sur del país **(De La Lanza et. al. 2000)**.

#### **2.4. Uso de organismos como indicadores biológicos de calidad del agua**

“Un bioindicador es un organismo vivo que puede ser desde un microbio, un insecto o un pez, hasta una planta o alga, que nos permite cuantificar y calificar el nivel y evolución de la contaminación presente en un sistema acuático determinando en virtud de su sensibilidad diferencial a diversas sustancias tóxicas” **(Sánchez & García, 1999)**.

Los índices biológicos o bioindicadores para definir calidad del agua se ha venido utilizando recientemente en diferentes lugares del mundo. Hasta la década de los 60-70 la utilización de los análisis químicos era la norma para determinar la calidad del agua, en la mayoría de trabajos de este tipo, sin embargo, no reflejaban cambios en las condiciones naturales de los ríos cuando eran afectados por situaciones muy particulares.

Posteriormente a los análisis químicos, en la década de los 60 se utilizaron los índices de diversidad como medida de perturbaciones ambientales, estos perdieron importancia debido a que no reflejaban claramente la relación causa efecto de diferentes tipos de contaminación, ni las relaciones entre los diferentes grupos taxonómicos de una comunidad (**De La Lanza et al., 2000**). Ante tal situación se retoma el uso de bioindicadores para comprender el impacto de la contaminación en las comunidades acuáticas naturales. Las diferentes comunidades de organismos acuáticos se desarrollan en un rango determinado de características físico-químicas y ecológicas, ante cuyas perturbaciones se dan fenómenos de respuesta que pueden ser monitoreados a través de diferentes medios.

Estos índices además integran los conceptos de saprobiedad y de diversidad, pero con la ventaja de tomar en cuenta la composición y adaptabilidad de los organismos a perturbaciones ambientales, lo cual los vuelve muy útiles para evaluar presencia o ausencia de uno o varios individuos como medida de perturbación

o contaminación a medir. En 1908 Kolwitz y Marson (**De La Lanza et al., 2000**), construyeron un sistema de clasificación de aguas basándose en organismos indicadores, los cuáles se estratificaron en diversas categorías introduciendo el término saprobiedad como medida de contaminación orgánica en el agua. La saprobiedad es menor en poca contaminación y mayor saprobiedad indica un alto grado de contaminación orgánica. El esquema sapróbico divide el río en varias zonas: a) cataróbica de aguas muy limpias; b) oligosapróbica de aguas poco contaminadas; c)  $\beta$ -mesosapróbica de aguas medianamente contaminadas; d)  $\alpha$  - mesosapróbica de aguas muy contaminadas y e) polisapróbica de aguas fuertemente contaminadas (**Roldán, 2003**).

Entre los organismos que pueden ser empleados como indicadores tenemos bacterias, protozoarios, algas (fitoplancton), macroinvertebrados (insectos, moluscos, anélidos, poliquetos, crustáceos, nematodos), macrófitas y peces (**Chapman, 1994**).

Para un estudio de calidad de aguas utilizando bioindicadores se pueden utilizar uno, varios o todos los

organismos anteriormente mencionados, cada grupo tiene sus ventajas y desventajas, por lo tanto, para cada estudio en particular deberá tenerse en cuenta las necesidades y recursos para el trabajo con uno o varios de ellos. La selección de un bioindicador se enfoca en el tipo de contaminación y en el impacto hacia ella, la que es capaz de manifestar en determinado momento como historia de las actividades humanas o perturbaciones naturales del medio **(Rivas, et. al., 2010)**.

## **2.5. Uso de diatomeas como bioindicadores**

El uso de diatomeas como indicadores de condiciones físicas, químicas y bióticas se remonta a principios del siglo XX, ya que estas responden a diversos parámetros ambientales como los geológicos **(Stevenson, 1997; Pan et al. 2000)**, la velocidad de corriente **(Peterson & Stevenson, 1990; Ghosh & Gaur, 1998)**, los nutrientes **(Potapova & Charles, 2007)**, la contaminación orgánica y por metales **(Watanabe et, al. 1986; Sabater, 2000; Gold, et al. 2002)**, y los disturbios de origen antrópico **(Fore & Grafe, 2002)**, entre otros.

Las diatomeas son muy sensibles a la eutrofización, a la contaminación orgánica y mineral. La estimación de índices basados en diatomeas es muy fiable para rangos de contaminación bajos, donde los otros métodos son menos fiables. Las diatomeas reaccionan de manera muy rápida a las modificaciones de la calidad del agua y pueden detectar la contaminación generada de manera discontinua. Las diatomeas son organismos muy útiles porque tienen una gran diversidad florística (solo en aguas dulces se conocen alrededor de 10,000 especies). Presentan muy bajo costo estudiarlas, además de que el muestreo es simple y rápido.

Son altamente sensitivas, otorgan información asociada a la cantidad de material orgánico, pH, alcalinidad, tipo de substrato, etc. La sensibilidad o tolerancia de ciertas diatomeas a la eutrofización ha dado lugar a crear varios indicadores de calidad del agua (**Alegre, et al., 2004**).

Los diversos estudios que se han llevado a cabo para establecer las diatomeas como indicadores se han perfilado principalmente en cuatro metodologías (**Lobo, et al. 2002**):

- **Índices Bióticos.-** Reflejan un dato numérico que brinda una idea del efecto de la polución sobre las comunidades. Algunos son: SPI Specific Polluosensitivity Index; (Coste 1986); CEC Commission for Economic Community Index (Descy y Coste 1991); LMI Leclercq y Maquet Index (Leclercq y Maquet 1987); SLA Sladeczek's Index (Slàdecěk 1986), TDI Trophic diatom index (Kelly y Whitton 1995) y ROTT Trophic metric (Rott *et al.* 1999). Sin embargo los índices más utilizados son el IDG Generic diatom index (Lecointe *et al.* 2003) y el BDI Biological diatom index (Prygiel y Coste 2000).
- **Análisis multivariados.-** Relacionan la comunidad biótica con los parámetros abióticos. Entre los más utilizados están; análisis de componentes principales (ACP), el análisis de

correlación (AC) y el análisis de correspondencia canónico (ACC).

- **Índices de Diversidad.**- Se fundamentan en que efectos negativos de la contaminación se reflejan en la disminución de la diversidad de especies de la comunidad. Los más utilizados son aquellos que se basan en la teoría de la información, siendo el más frecuente el de Shannon H' (**Mason, 1991**).
- **Relación Abundancia-Especies.**- Utiliza toda la información de la biocenosis. Puede describirse en función de cuatro modelos principales: la distribución log-normal, serie geométrica, serie logarítmica y el modelo de bastón roto de MacArthur.

### **2.5.1. Ventajas de las diatomeas como bioindicadores**

A fin de facilitar un análisis comparativo y estimar el método idóneo a aplicar en cada caso, se puede establecer

una serie de ventajas generales del uso de diatomeas como indicadores ecológicos en ecosistemas fluviales.

- **Ubicuidad.-** Las diatomeas pueden estar presentes en prácticamente en todos los sistemas acuáticos, desarrollándose en una gran variedad de formas vitales (planctónicas, coloniales, perifíticas, etc.), por lo que pueden ser empleadas como bioindicadores virtualmente en todo ecosistema en el que el agua forme parte del biotopo.
- **Cosmopolitanismo.-** La distribución de la División Bacillariophyta (las diatomeas) es prácticamente mundial, hallándose desde los polos hasta las regiones desérticas, tanto en aguas dulces como en mares, aguas salobres, termales e hipersalinas, bajo un amplio rango de condiciones ambientales.
- **Bajo grado de endemismo.-** Existe una gran mayoría de especies que aparecen con abundancia en todo el

planeta, de forma que muchos índices diatomológicos tienen aplicabilidad universal, lo que permite estudios comparativos entre regiones diferentes, que en otros casos son inviables.

- **Sensibilidad.-** Las diatomeas, al formar parte de los productores primarios en los sistemas acuáticos, son altamente sensibles a los cambios en la naturaleza química del medio, en particular a la concentración de nutrientes (P, N, Si) y a la presencia de contaminantes. Al estar constantemente en contacto con el agua, reaccionan de forma altamente específica a las alteraciones ambientales de los ecosistemas en los que se desarrollan.
- **Diversidad.-** Sólo en las aguas dulces europeas existen decenas de miles de especies, subespecies, variedades y formas descritas, cada una de ellas con sus propios rangos de tolerancia frente a una gran

variedad de factores ambientales. Los índices diatomológicos se basan, por lo tanto, en grandes inventarios que tienen simultáneamente en cuenta un gran número de taxones, por lo que su capacidad de diagnóstico de la calidad del agua es comparativamente superior a otros índices bióticos.

- **Precisión estadística.-** Los índices diatomológicos más usuales se basan en la identificación de un mínimo de 400 individuos por muestra. Esto hace que el error cometido en la estimación de la composición de la comunidad sea inferior al 10% en todos los casos, lo que supone una mayor fiabilidad y precisión de estos métodos desde el punto de vista estadístico.
- **Ciclos vitales.-** Las diatomeas presentan ciclos vitales cortos y homogéneos y, al ser microorganismos unicelulares, se reproducen con rapidez en respuesta inmediata a eventuales cambios en condiciones del

medio. La composición de la comunidad de diatomeas en cada punto integra, por tanto, la calidad biológica del agua durante determinados periodos de tiempo, y no sólo la condición puntual que reflejaría un análisis físico-químico.

- **Facilidad de muestreo.**-Las diatomeas pueden muestrearse en cualquier tramo fluvial, sobre una gran variedad de sustratos (sin que esto condicione significativamente la naturaleza de la comunidad de diatomeas) tanto naturales como artificiales, con un esfuerzo en tiempo y material mínimos.
- **Facilidad de tratamiento, procesado y almacenaje.**- El tratamiento necesario para la obtención de preparaciones microscópicas es relativamente sencillo y barato. Adicionalmente, las preparaciones montadas ocupan poco espacio y pueden almacenarse indefinidamente sin alterarse, sin necesidad de

tratamientos conservativos. Esto permite la acumulación de un número importante de muestras y la creación de ficotecas de referencia para posteriores estudios biológicos o ambientales, facilitando intercambio de preparaciones entre laboratorios para análisis de control de calidad o ejercicios de intercalibración, así como el seguimiento del estado del agua a largo plazo.

- **Estudios temporales.-** Al contrario que otros organismos, las diatomeas, más específicamente -los frústulos o cubiertas silíceas, sobre los que se basa su taxonomía- son prácticamente inalterables en el tiempo y se pueden recuperar en estado fósil o subfósil de estratos y sedimentos fluviales y lacustres, lo que permite inferir el estado del agua en el pasado, así como la elaboración de modelos y funciones cuantitativas de transferencia para la reconstrucción de paleo ambientes a escala geológica. Adicionalmente, son virtualmente los únicos bioindicadores recuperables

sobre los cantos rodados de cauces secos y temporales, muy frecuentes en cuencas hidrográficas bajo bioclima mediterráneo **(Blanco, et. al., 2010)**.

## **2.6. Diatomeas (Bacillariophyceae)**

Las diatomeas son un grupo de algas de la clase Bacillariophyceae y se relacionan filogenéticamente con la clase Chrysophyceae, pueden encontrarse flotando libremente en el agua (plancton) o adheridas al sustrato sólido sumergido (perifitón) **(Rivas, et. al. 2010)**.

Las diatomeas constituyen un importante componente de las comunidades acuáticas. Conformando así uno de los grupos algales con mayor riqueza específica debido a que contribuyen con cerca del 90% de la productividad de los sistemas, de distribución cosmopolita y que puede vivir en una amplia variedad de hábitats, incluso bajo condiciones extremas, desde hielos polares hasta aguas termales y son muy sensibles a la polución (especialmente al nitrógeno y al fósforo) **(Round, et al. 1991)**.

### 2.6.1. Morfología de las diatomeas

Las diatomeas son algas microscópicas, unicelulares y eucariotas, compuestas en un 60% de sílice ( $\text{SiO}_2$ ). La membrana celular está compuesta por fundamentalmente por pectina, fuertemente impregnada en sílice, de modo que resiste la acción de los ácidos y bases fuertes, ya que la célula se encuentra protegida por un caparazón silicio llamado frústulo que le confiere gran dureza y resistencia. El frústulo se compone de dos mitades que encajan entre sí, llamadas tecas, la superior (epiteca) es siempre mayor y envuelve parcialmente a la inferior (hipoteca). Cada teca está formada por una valva (respectivamente epi-e hipo valva) y un cíngulo (epi-e hipo cíngulo) **(Ver imagen Nº 1)**. En la valva se desarrollan toda una serie de ornamentaciones que permiten la identificación taxonómica. Longitudinalmente, en muchas especies la valva está atravesada por un delgado surco llamado rafe, que atraviesa la teca hasta el protoplasto. La locomoción de las

células es posible gracias a la hendidura del rafe, ya que bajo ella se halla un orgánulo en forma de cinta, formado por fibrillas, que puede contraerse rítmicamente. Este orgánulo provoca la secreción en los poros terminales de una sustancia adhesiva que se desplaza a través de la hendidura. Perpendiculares al rafe, se encuentran varias series de líneas de perforaciones llamadas areolas, la sucesión de éstas en cada línea forma una estría. Uniendo las dos tecas se encuentra la cintura que está formada por una cantidad variable de cópulas o anillos que envuelven la célula y que poseen el mismo contorno que ésta (**Álvarez-Blanco,2008a**).

El protoplasto (**Ver imagen N° 2**) ocupa todo el espacio delimitado por la pared celular silíceo. El núcleo se encuentra en la parte central de la célula y los cloroplastos suelen ser marginales, encontrándose uno o dos en las diatomeas con rafe y numerosos y en forma de disco en las que no lo tienen y en la mayoría de las diatomeas céntricas.

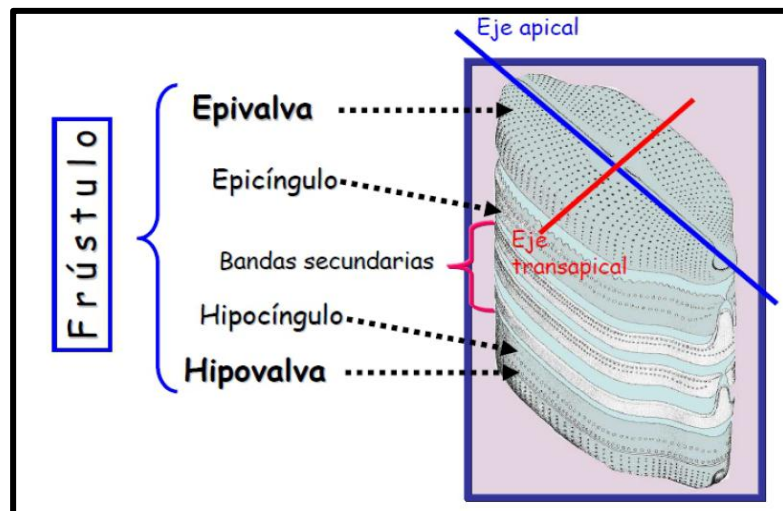
Dentro de los cloroplastos se encuentran cuatro tipos de pigmentos distintos: clorofila, carotenos, carotenoides y xantofila **(Lee 1989, Van Den Hoek, et al. 1995)**.

A los lados de un puente plasmático central se observan dos vacuolas de gran tamaño o varias vacuolas de tamaño menor. Los productos de asimilación son aceites, acumulados formando gotas que confieren flotabilidad a las diatomeas planctónicas **(Streble & Krauter 1987)**.

La observación al microscopio óptico de las diatomeas requiere conocer las dos posiciones en las que éstas pueden aparecer. En la vista pleural, observamos el eje pervalvar de la célula, distinguiendo las partes básicas que lo componen: las dos tecas y el cíngulo que las une. En la vista valvar **(Ver imagen N° 3)**, se observa una de las valvas celulares con los elementos ornamentales que la componen y que nos permiten su identificación taxonómica.

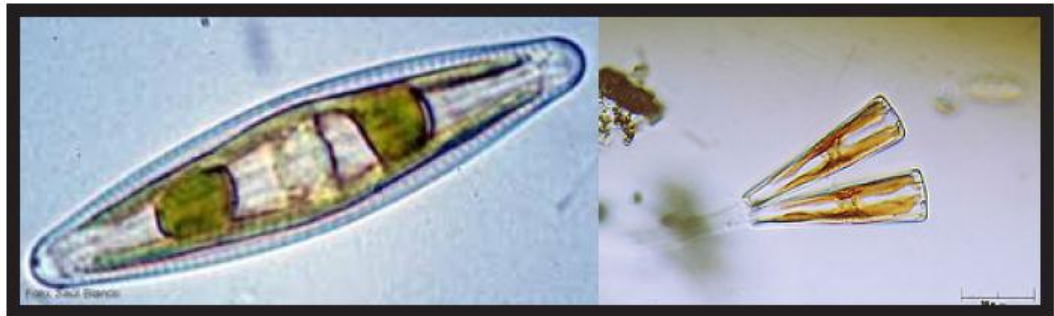
Existen dos ejes de simetría al observar esta vista valvar: un eje apical, dispuesto longitudinalmente y que nos permite diferenciar entre diatomeas simétricas (si se cumple la simetría a ambos lados del eje) y asimétricas (si no es así), y un eje transapical, transversal, que muestra la similitud entre los polos de la célula, y que permite distinguir entre diatomeas isopolares (cuando ambos polos son iguales) y heteropolares (cuando son distintos) (Round *et al.* 1990).

Imagen N° 1. Estructura de un frústulo de una Diatomea



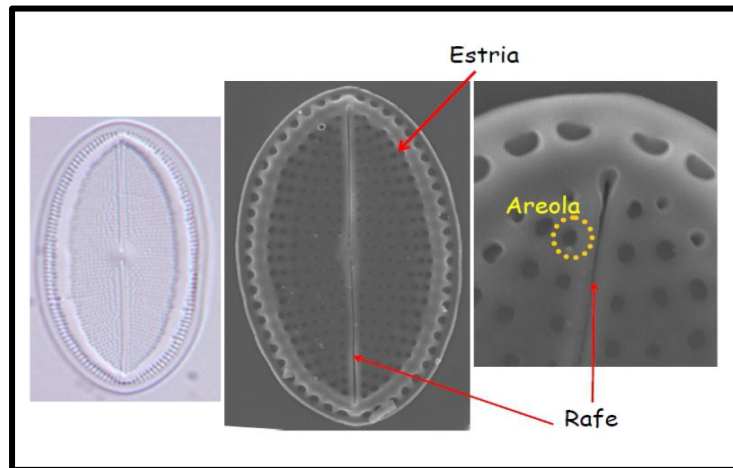
FUENTE: Google imágenes

**Imagen N° 2.** Células vivas pertenecientes a los géneros *Navícula* y *Gomphonema* en las que se puede observar el material intracelular.



FUENTE: Google imágenes

**Imagen N° 3.** Vista o plano valvar de una Diatomea



FUENTE: Google imágenes

### **2.6.2. Principales rasgos morfológicos de carácter diagnóstico**

Respecto a los principales rasgos morfológicos vamos a hacer referencia a la frústula, carácter prioritario en la diferenciación de las especies. En primer lugar, las diatomeas se pueden dividir en dos grupos respecto a la simetría en la vista valvar (**Ver imagen N° 4**).

Las diatomeas céntricas o centrales presentan una simetría radial en vista valvar. La ornamentación se estructura radialmente, pudiéndose organizar en torno a un punto o dos puntos. Su aparato plastidial generalmente está formado por numerosos plastos discoidales. Las diatomeas pennadas o pennaes responden a un modelo de simetría bilateral al observarlas en vista valvar, de modo que la ornamentación se organiza en torno a un eje.

Por lo general, pueden diferenciarse dos ejes de simetría en la valva, longitudinal y transversal, excepto algunos géneros que presentan valvas asimétricas respecto a uno de los

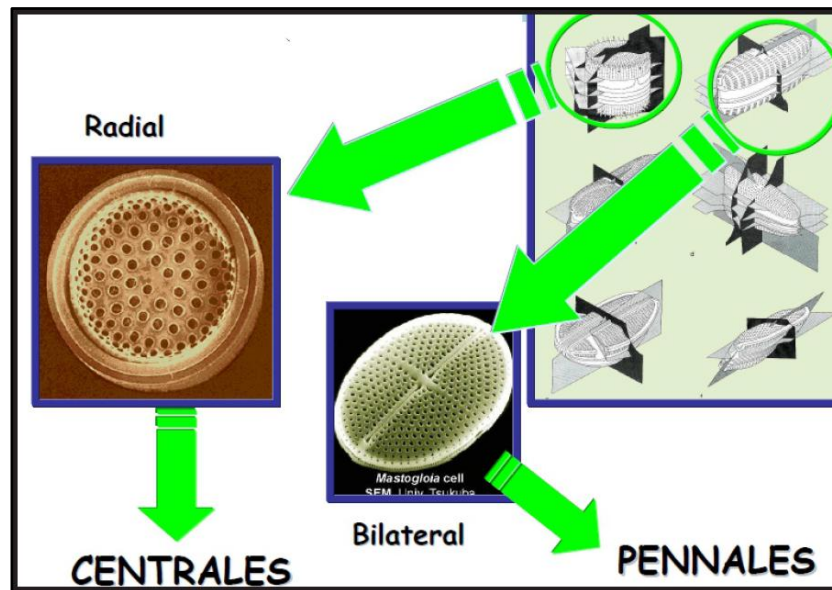
ejes, como pueden ser los géneros *Cymbella* y *Gomphonema*.

Frecuentemente, el aparato plastidial en las diatomeas pennales está formado por dos plastos parietales. Dentro de las diatomeas pennales puede haber o no presencia de rafe. El rafe es una acanaladura, de estructura compleja en algunos casos, que se dispone por la superficie de la valva de manera longitudinal. La función de este parece estar implicada en el movimiento de la célula sobre el sustrato y su fijación, mediante la secreción de sustancias mucilaginosas y glucoproteicas.

Las diatomeas pennadas pueden en ocasiones carecer de rafe, y entonces se denominan arrafideas o arrafidales (ej.: género *Fragilaria*). Si tienen rafe solo en una valva se llaman monorafideas o monorrafidales (ej.: género *Cocconeis*), y si este está presente en las dos valvas son birrafideas o birrafidales (ej.: género *Navicula*). Es un

carácter imprescindible en el diagnóstico de la especie (Rivas, *et. al.* 2010).

Imagen N° 4. Morfología y simetría de dos grupos de diatomeas



FUENTE: Google imágenes

### 2.6.3. Reproducción de las diatomeas

Las diatomeas presentan dos tipos de reproducción, asexual y sexual. El sistema asexual es uno de los más

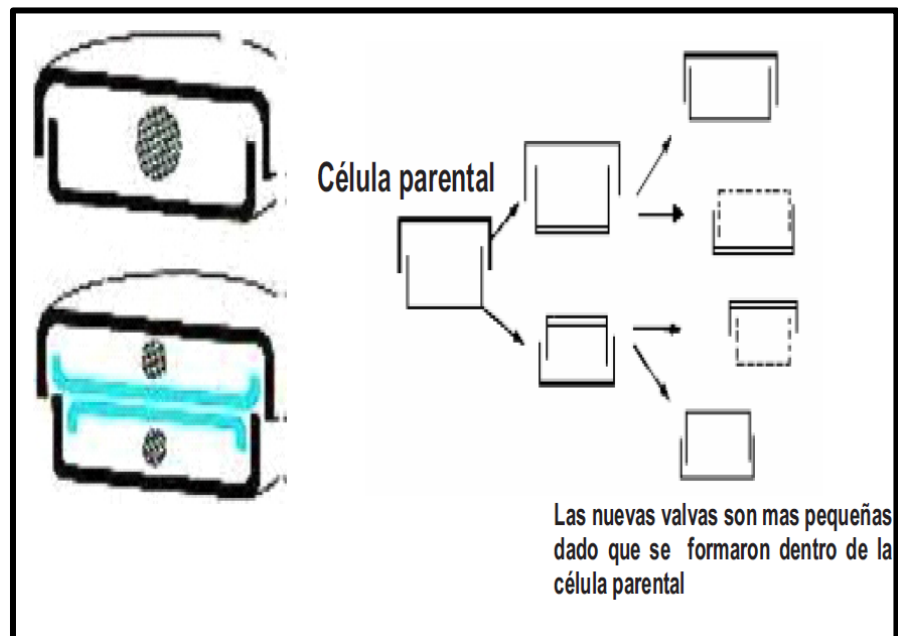
importantes cuando de lo que se trata es de colonizar rápidamente un nuevo sustrato.

- **Reproducción asexual**

Tiene lugar por bipartición, la intensa velocidad de división que puede alcanzarse cuando las condiciones son óptimas llega a producir densas floraciones, que confieren al agua una coloración parda marcada que se extiende a lo largo de grandes superficies. La presencia de sílice es una necesidad absoluta para la división celular de muchas de las diatomeas, de modo que el número de células se mantiene proporcional a la cantidad de dióxido de silicio existente (siempre y cuando los demás nutrientes no sean limitantes). La valva externa contiene en su interior a la otra, la interna, que es más pequeña; cuando la diatomea divide en dos su célula, estas valvas se separan y cada una de ellas, con su contenido citoplasmático, da lugar a un nuevo organismo regenerando la media valva que le falta, siendo siempre la menor, es decir la interna, la regenerada. (Cada

parte de la división se lleva una teca que actuará siempre de epiteca en la formación del nuevo exoesqueleto en los dos individuos resultantes; debido a esto, tenemos una reducción del tamaño de los individuos) **(Ver imagen N°5).**

### Imagen N° 5. Reproducción asexual de una diatomea



FUENTE: Google imágenes

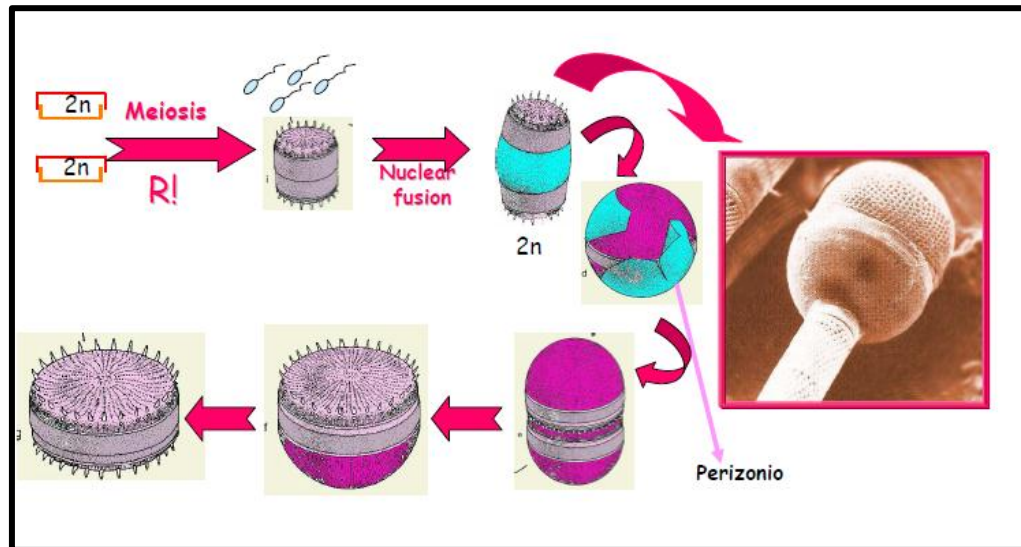
Mediante la bipartición se da lugar a dos series de células hijas en cada generación; una mantiene el tamaño

original y, la otra de talla progresivamente decreciente, puesto que la nueva valva será menor que la originaria. Pero el problema de los tamaños queda resuelto con la reproducción sexual que, por otro lado, contribuye a mantener la variabilidad genética; si no, todos los individuos resultantes acabarían siendo iguales entre ellos y cualquier cambio ambiental que hubiese acabaría con la especie.

#### - **Reproducción sexual**

Se lleva a cabo mediante una meiosis, dando lugar a cuatro estructuras haploides. Los cigotos formados finalmente son diploides. En las diatomeas céntricas se da oogamia (el microgameto es inmóvil y el microgameto es flagelado) y en las pennadas se da anisogamia (tanto el microgameto como el microgameto son móviles). Tras la fusión de gametos se forma la auxospora, que aumenta de tamaño tras la fusión. **(Streble & Krauter 1987, Lee 1989, Van Den Hoek et al. 1995) (Ver imagen N° 6).**

Imagen N° 6. Reproducción sexual de diatomea



FUENTE: Google imágenes

#### 2.6.4. Aspectos ecológicos de las diatomeas

La abundancia y composición del fitobentos está regulada por factores hidrológicos, físicos y químicos (Hynes 1970). La presencia de algas es fuertemente dependiente del tamaño y estabilidad del sustrato béntico (Peterson 1996). Las pérdidas de biomasa de algas ocurren en espacios dependientes en parte, por la

predisposición del sustrato a ser movilizadado por las corrientes.

**Peterson (1996)**, menciona que la población de diatomeas depende de la fijación a sustratos determinados.

**Genter (1996)**, menciona que químicos inorgánicos influyen la tasa de crecimiento celular, el desarrollo, y abundancia de la población de algas, la cual se refleja en cambios en la abundancia relativa de las comunidades.

**Quiróz y Rondón (2004)**, mencionan que la poca mineralización de los ríos influye en el bajo número de especies presentes y que la velocidad de la corriente influye sobre la composición y abundancia de las diatomeas. La velocidad se relaciona directamente con el tamaño, fijación, crecimiento y estabilidad física de la comunidad de diatomeas.

Las diatomeas presentan una gran heterogeneidad espacial y temporal, representada por la composición y producción de biomasa, la cual responde a factores

ambientales tales como: velocidad de corriente, temperatura, tipo de sustrato, concentración de nutrientes, conductividad y pH (**Ramírez & Plata 2007**).

## **2.7. Índice basado en la comunidad de diatomeas**

### **2.7.1. Índice Diatómico General (IDG)**

El IDG es un índice bastante complejo en cuanto a los datos requeridos, se basa en respuestas a diferentes grados de polución, a la adaptabilidad ecológica de los individuos y a su abundancia en el medio muestreado. Así, de esta manera los datos refieren a sensibilidad, amplitud ecológica y abundancia. De esta manera el IDG se presenta en rangos de 1-5 para estimar la calidad de aguas. Según el índice la clasificación de la calidad del agua se presenta lo siguiente (**Ver cuadro N° 1**).

**Cuadro N° 1. Rangos para estimar la calidad del agua, adoptada según el IDG**

VALOR	SIGNIFICADO
IDG > 4.5	Calidad biológica óptima.
4 < IDG < 4.5	Calidad normal. Polución débil.
3.5 < IDG < 4	Polución moderada. Eutrofización.
3 < IDG < 3.5	Polución media. Eutrofización acentuada.
2 < IDG < 3	Desaparición de especies sensibles. Polución fuerte.
1 < IDG < 2	Polución muy fuerte.
IDG = 0	La población es considerada como inexistente (polución tóxica). Por debajo de 10 individuos. Por mm <sup>2</sup> .

Fuente: De la Peña, S. y Barreiro, R. 2009

## 2.8. Parámetros físico-químicos

### 2.8.1. Características físicas

- **Temperatura**

Es importante conocer la temperatura del agua en el sitio de la prueba porque puede ayudar a predecir y/o confirmar otras condiciones del agua. Por ejemplo, la

temperatura del agua tiene influencia directa en otros factores de la calidad del agua tales como el oxígeno disuelto (OD), la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la supervivencia de algunas especies acuáticas.

El índice metabólico de los organismos acuáticos aumenta en el agua tibia. Puesto que el metabolismo requiere oxígeno, algunas especies podrían no sobrevivir si no hay suficiente oxígeno en el agua para satisfacer sus necesidades. Además, la temperatura del agua puede afectar los índices de reproducción de algunas especies acuáticas **(CIESE, 2006)**.

- **pH**

El pH mide la acidez relativa del agua. Un nivel de pH de 7,0 se considera neutro. El agua pura tiene un pH de 7,0. El agua con un nivel de pH menor a 7,0 se considera ácida. El agua con un pH mayor a 7,0 se considera alcalina o básica. El pH del agua natural depende de la concentración de anhídrido carbónico,

consecuencia de la mineralización de las sales presentes en el agua. Las fuentes de agua dulce con un pH inferior a 5,0 o mayor a 9,5 no soportan vida vegetal ni especies animales **(CIESE, 2006)**.

- **Oxígeno Disuelto**

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir **(CIESE, 2006)**.

- **Conductividad eléctrica**

El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y

características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos **(CIESE, 2006)**.

- **Sólidos Totales Disueltos**

El término sólidos hace alusión a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas.

Las concentraciones de sólidos disueltos totales guardan una correlación positiva con la productividad en lagos. Al mismo tiempo los sólidos disueltos afectan la penetración de luz en la columna de agua y la absorción selectiva de los diferentes largos de onda que integran el espectro visible (refiérase a la unidad de Luz) **(CIESE, 2006)**.

- **Turbiedad**

La turbidez se refiere a cuán clara o cuán turbia está el agua. El agua clara tiene un nivel de turbidez bajo y el agua turbia o lodosa tiene un nivel alto de turbidez. Los niveles altos de turbidez pueden ser causados por partículas suspendidas en el agua tales como tierra, sedimentos, aguas residuales y plancton.

Si la turbidez del agua es alta, habrá muchas partículas suspendidas en ella. Estas partículas sólidas bloquearán la luz solar y evitarán que las plantas acuáticas obtengan la luz solar que necesitan para la fotosíntesis. Las plantas producirán menos oxígeno y con ello bajarán los niveles de Oxígeno Disuelto (OD). Las plantas morirán más fácilmente y serán descompuestas por las bacterias en el agua, lo que reducirá los niveles de OD aún más **(CIESE, 2006)**.

## 2.8.2. Características químicas ( Barrenechea 2006)

- **Arsénico**

Puede estar presente en el agua en forma natural. Es un elemento muy tóxico para el hombre. Se encuentra en forma trivalente o pentavalente, tanto en compuestos inorgánicos como orgánicos.

La toxicidad del As es compleja, pues depende de la vía de exposición, del estado de valencia y de la forma química (inorgánica u orgánica) del compuesto. El arsénico inorgánico es el responsable de la mayoría de los casos de intoxicación en seres humanos.

- **Boro**

El boro no se considera un elemento esencial para la nutrición humana. Existen estudios que demuestran su influencia en el retardo del crecimiento de las plantas.

Estudios realizados en plantas piloto han demostrado gran eficiencia de remoción de boro en los

procesos de ablandamiento cal-soda a pH 8,5–11,3 (98%)y, en menor grado, en la coagulación con sulfato férrico.

- **Cadmio**

No es un elemento esencial para la vida del hombre. Este metal pesado es potencialmente tóxico y su ingestión tiene efectos acumulativos en el tejido del hígado y los riñones.

- **Cinc**

Las aguas naturales pueden contener cinc en concentraciones bastante bajas. En el agua de suministro, el cinc proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce.

La salubridad del cinc es variable y depende del pH y de la alcalinidad. Diferentes estudios han demostrado que el cinc no tiene efectos sobre la salud en concentraciones tan altas como 40 mg/L, pero que tiene un marcado efecto sobre el sabor; por ello su contenido debe limitarse.

- **Cloruros**

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas.

En las aguas superficiales por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad.

- **Cobre**

Con frecuencia se encuentra en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a 1,0 mg/L. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud.

Sin embargo, si se ingiere agua contaminada con niveles de cobre que superan los límites permitidos por las normas de calidad, a corto plazo pueden generarse molestias gastrointestinales. Exposiciones al cobre a

largo plazo podrían causar lesiones hepáticas o renales.

- **Dureza**

Corresponde a la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, de los cuales los más comunes son los de calcio y los de magnesio.

- **Fosfatos**

Las especies químicas de fósforo más comunes en el agua son los ortofosfatos, los fosfatos condensados (piro-, meta- y polifosfatos) y los fosfatos orgánicos. Estos fosfatos pueden estar solubles como partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos.

Es común encontrar fosfatos en el agua. Son nutrientes de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con

problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos, etc.

- **Hierro**

El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales.

La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.

- **Manganeso**

El manganeso es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central.

Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro.

- **Nitratos**

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos.

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos.

Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

- **Plomo**

Las fuentes naturales por lo general contienen plomo en concentraciones que varían notoriamente. Se

pueden encontrar desde niveles tan pequeños como trazas hasta concentraciones importantes que contaminan definitivamente el recurso hídrico. El plomo es un metal pesado en esencia tóxico; puede provocar en el hombre intoxicaciones agudas o crónicas. Es causa de la enfermedad denominada saturnismo.

- **Sulfatos**

Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad.

Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Metodología de Campo: (DMA, 2005)**

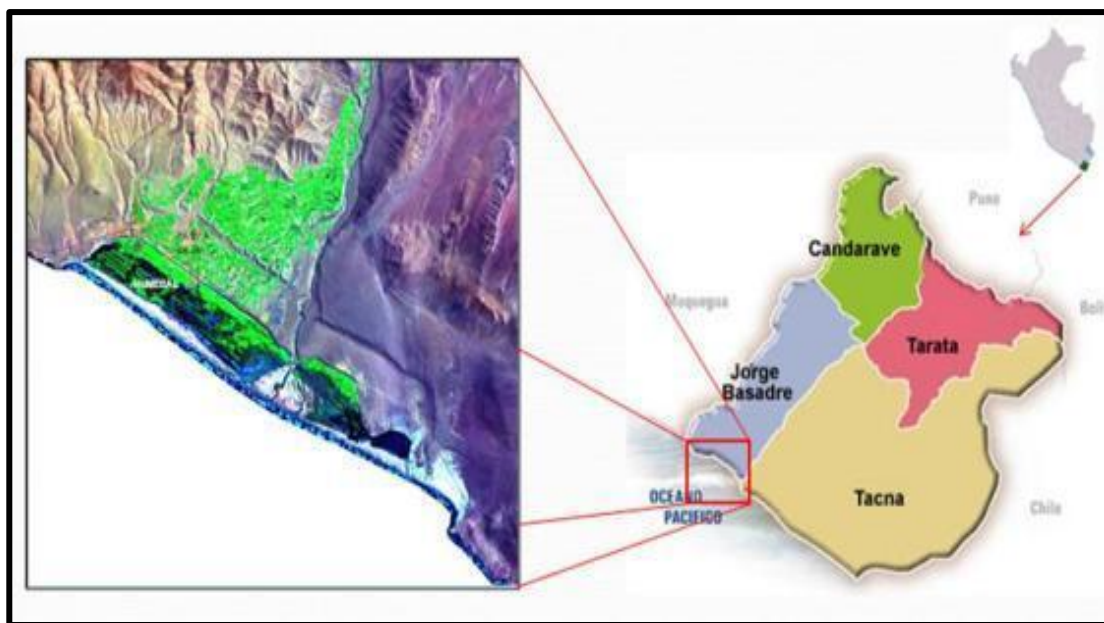
##### **3.1.1. Zona de Muestreo**

El área se encuentra situado en la desembocadura del río Locumba, extremo sur de la costa peruana y se extienden, con dirección de sur a norte, desde el km 86 hasta el km 98 de la vía Costanera (carretera Tacna - Ilo) y paralelos al Océano Pacífico y con una superficie aproximada de 2 000 ha, que comprende lagunas superficiales, gramadales, totorales, juncales, arenal, litoral y una porción de mar. **(GRT, 2007) (Ver imagen N° 7).**

El clima corresponde al de las subzonas del litoral y planicies de la región costa que es desértico árido, se caracteriza por las escasas precipitaciones menores a 25 mm durante el invierno; la temperatura mínima media anual es de 16°C en el mes de julio y la máxima media de 28°C en

el mes de febrero, con una humedad relativa media que fluctúa entre 66% y 86% durante el año (**Morris & Panty 1999**).

**Imagen N° 7. Ubicación del humedal de Ite**



FUENTE: Elaboración propia

Se evaluó mensualmente el agua del Humedal de Ite por un periodo de 4 meses. Se inició el monitoreo en el mes de diciembre del 2013 y se finalizó en marzo del 2014.

En cada salida se obtuvieron 14 muestras (7 para la determinación de parámetros físico químicos en laboratorio y 7 para la identificación de diatomeas), haciendo un total de 56 muestras obtenidas en los 4 meses de muestreo, cada punto de muestreo fue el mismo en cada salida (**Ver cuadro N° 2**), los cuales se identificaron y verificaron con ayuda de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Del mismo modo se realizó *in situ* las mediciones de algunos parámetros fisicoquímicos (que se detallan posteriormente).

**Cuadro N° 2. Coordenadas UTM de las estaciones de muestreo**

ESTACIÓN	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
01	19K 0292572	8019032
02	19K 0291295	8018975
03	19K 0291557	8019808
04	19K 0291065	8020111
05	19K 0290151	8020656
06	19K 0290048	8020762
07	19K 0289409	8020848

Fuente: Elaboración propia

### **3.2. Muestreo para la identificación y recuento de Diatomeas:**

Se localizó los 7 puntos de muestreo (**Ver anexo N° 1**) y se procedió a tomar una muestra directamente y sin filtrar en un recipiente de boca ancha, para lo cual se hizo remoción de sustrato para una mejor representatividad de la diversidad de diatomeas las cuales por su peso se pueden ubicar en el fondo o en la superficie de los cuerpos de agua muestreados, no se llenó al tope la muestra sólo en un 90% de su capacidad.

- **Conservación y etiquetado de las muestras**

A los frascos se les adicionó una solución de formol al 4 % (10ml), y todas las muestras se conservaron protegidos de la luz y en un lugar fresco (15 °C).

Cada frasco se etiquetó debidamente con datos de código de punto de muestreo, fecha de recolección y fijador.

**3.3. Análisis de las variables fisicoquímicas del agua:**

Las variables fisicoquímicas fueron evaluados en cada punto de muestreo en los cuatro meses, está se realizó de dos maneras: Primero se evaluó *in situ* algunas variables fisicoquímicas del agua con un multiparámetro HANNA HI HI9828 y seguidamente se obtuvo muestras de agua en un envase de polipropileno de capacidad de un litro, se etiquetaron con el código del punto de muestreo y fecha. Las muestras de agua fueron transportadas al Laboratorio de Investigaciones Medioambientales y Zonas Áridas, de la Universidad de Tarapacá de Arica-Chile para su análisis según se indica en el siguiente cuadro. Los datos obtenidos fueron

llevados a una planilla digital en el Programa Excel 2010, para su posterior procesamiento.

**Cuadro N° 3. Parámetros fisicoquímicos del agua**

Parámetro	Medida	Técnica
Temperatura	°C	Medición con multiparámetro HANNA HI9828 (medición <i>in situ</i> ).
pH	-	
Oxígeno disuelto (OD)	Ppm	
Conductividad eléctrica (CE)	µS/cm	
Sólidos Totales disueltos (TDS)	Ppm	
Turbiedad	NTU	Método Nefelométrico (APHA, 2005)*
Cadmio (Cd)	mg/L	Método Espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa. (APHA. 2005)*
Cobre (Cu)	mg/L	
Hierro (Fe)	mg/L	
Manganeso (Mn)	mg/L	
Zinc (Zn)	mg/L	
Plomo (Pb)	mg/L	
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N)	mg/L	Determinación de Nitrato por Método Electrodo Específico.*
Arsénico (Ar)	µg/L	Método Espectrofotometría de absorción atómica con generación de hidruros.*
Boro (B)	mg/L	Método de la azometina-h*
Fosforo (P)	mg/L	Método del ácido Ascórbico*
Sodio (Na)	mg/L	Método espectrométrico de absorción atómica*
Calcio (Ca)	mg/L	
Cloruros	mg/L	Determinación de Cloruro por Método Argentométrico*
Dureza total	mg/L	Determinación de dureza de agua mediante titulación con EDTA*
Sulfatos	mg/L	Determinación de Sulfato por Método Gravimétrico con secado de residuos.*

Fuente: Elaboración propia

\*Ver Anexos del 2 al 10

Los parámetros fisicoquímicos son importantes ya que ellos nos ayudan a comprender la distribución de los organismos en los sistemas acuáticos.

### **3.4. Procedimiento en laboratorio (DMA, 2005)**

#### **3.4.1. Recuento e identificación de diatomeas:**

Esta fase se realizó en el Laboratorio de Botánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en cual se utilizó un Microscopio binocular de luz con objetivos de 20X y 60X, los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

- ***Concentración de muestras***

Se dejó reposar las muestras por 24 horas, como mínimo. Con esto se consiguió que el material en suspensión sedimente y se acumule en el fondo del frasco; posteriormente se eliminó el sobrenadante con una pipeta.

- ***Limpieza de diatomeas***

Se realizó la limpieza de las valvas para una mejor observación con el “Método de peróxido caliente”; el cual consistió en calentar 5 ml de muestra con 10 ml de peróxido

de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a 60 volúmenes, por aproximadamente 4 horas después del cual se agregó agua destilada y se centrifugó para eliminar el exceso de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, se repitió este proceso tres veces y se procedió a la identificación.

- ***Identificación***

La identificación de los taxones de Diatomeas se realizó mediante el apoyo de claves taxonómicas y guías como: Manual de Diatomeas Peruanas (**Fernández, 1999**), Algas de Bolivia (**Cadima, et. al., 2005**), Diatomeas de Canal de Panamá (**Autoridad del Canal de Parama, 2012**), Listado de Diatomeas (**Lozano, et. al. 2010**). Las identificaciones fueron guiadas por el MSc. Juan Pablo Franco.

- ***Proceso de recuento***

El análisis cuantitativo de las diatomeas, consistió en realizar un inventario de los taxones y un recuento de los individuos presentes en cada taxón. Se realizó el recuento de diatomeas, utilizando la cámara de Sedgwick-Rafter (1ml), se

procedió a contar un número de campos ópticos elegidos al azar como mínimo de 10 a 20 campos.

### 3.5. Tratamiento de datos

Para determinar los índices de diversidad se empleó el programa estadístico PAST ver. 2008 (**Hammer et. al. 2001**).

### 3.6. Índices de diversidad

Para calcular la diversidad se utilizaron los índices que se describen a continuación que se pueden aplicar a las comunidades de diatomeas.

- **Índice de diversidad de Margalef**

Expresa la riqueza específica de una muestra de una forma sencilla, teniendo en cuenta simultáneamente el número de taxones y el número de individuos.

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dónde: S = número de especies

$N$  = número total de individuos

- **Índice de diversidad de Menhinick**

Se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, Que aumenta al aumentar el tamaño de la muestra

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

- **Índice de Shannon – Weaver (1949)**

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Adquiere valores de 0 a 5.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

- **Índice de Simpson**

Permite medir la riqueza de organismos. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. Los valores de este índice son sensibles a las abundancias de una o dos de las especies más frecuentes de una comunidad y puede ser considerado como una medida de la concentración dominante. A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:  $p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie dividido entre el número total de individuos de la muestra.

### 3.7. ÍNDICE DIATÓMICO GENERAL (IDG)

Este índice viene determinado por tres variables:

- Sensibilidad a la polución de cada especie (S), con valores entre 1 (más resistente) y 5 (más sensible) (**Anexo N° 17**).
- Amplitud ecológica (V), que va desde 1 (forma ubicua) hasta 3 (Forma característica).
- Abundancia (A) en %.

El índice diatómico se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IDG = \frac{\sum_{j=1}^j A_j S_j V_j}{\sum_{j=1}^n A_j S_j}$$

Dónde:  $A_j$  = Abundancia (%)

$S_j$  = Sensibilidad a la polución (1 a 5)

$V_j$  = Valor indicativo de la especie (1 a 3)

Con esta fórmula el valor del índice que obtenemos sólo podrá variar entre 1 y 5, rango establecido para la clasificación de la calidad de las aguas (**Ver cuadro N° 1**).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Parámetros Físico-Químicos

Los parámetros fisicoquímicos del agua del humedal de Ite determinados tanto *in situ* como analizados en laboratorio, fueron comparados según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas - Categoría 4: Conservación del Medio Acuático (**Ver Anexos N° 11 y 12**).

**Tabla N° 1. Promedios de los parámetros físicos del agua, medidos *in situ* del humedal de Ite**

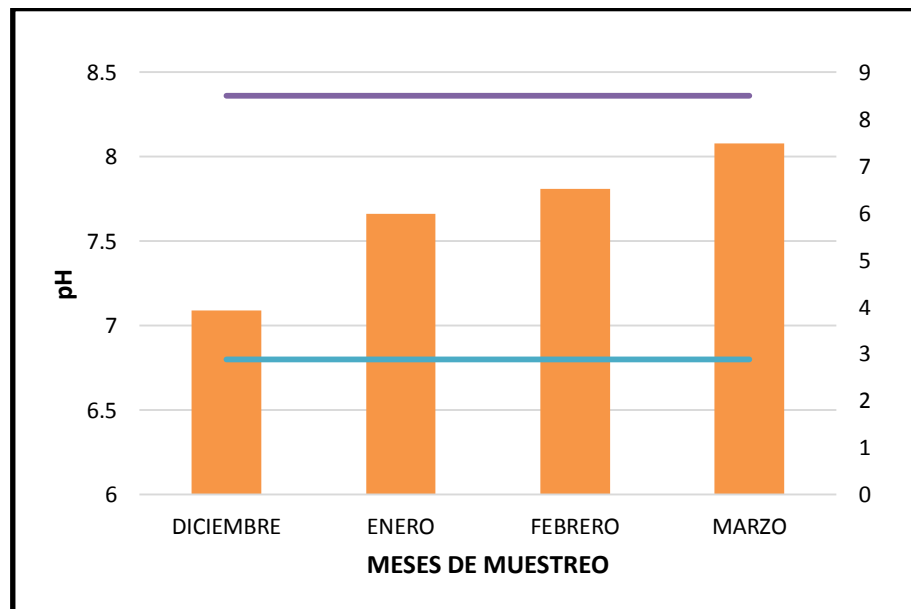
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	Turbiedad (NTU)
<b>DICIEMBRE</b>	6,58	7,09	17,38	6028,14	3012,43	21,43
<b>ENERO</b>	5,07	7,66	27,51	6325,29	3118,00	56,62
<b>FEBRERO</b>	3,91	7,81	23,06	6321,29	3162,57	61,87
<b>MARZO</b>	8,94	8,08	27,48	5950,14	2974,00	25,77

**FUENTE: Elaboración propia**

El análisis de los parámetros fisicoquímicos son importantes al igual que el análisis de la comunidad de las diatomeas, en la Tabla N° 1 se observa los promedios obtenidos de los parámetros físicos del

agua por cada mes de muestreo, de diciembre del 2013 hasta marzo del 2014.

**Gráfico N° 1. Fluctuación del pH en los 4 meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**

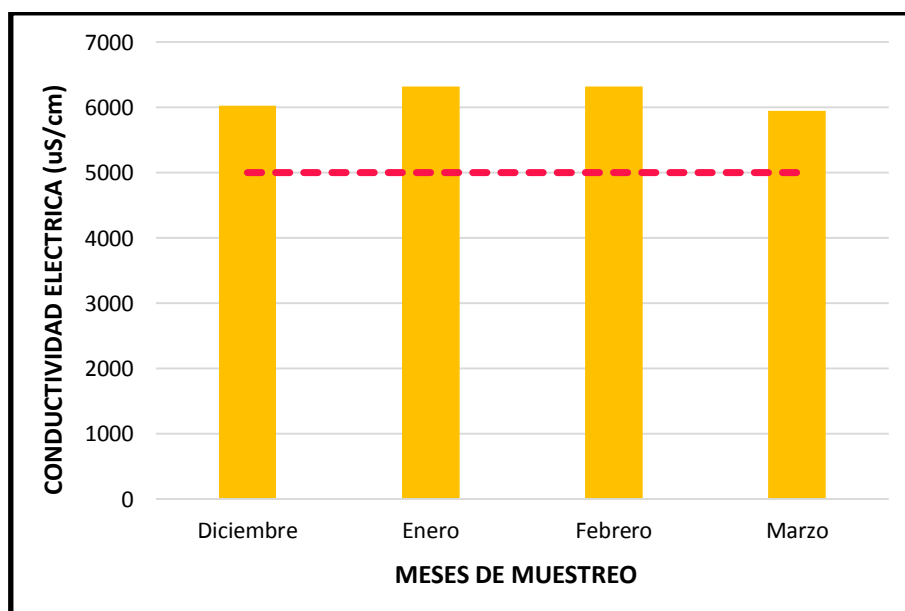


FUENTE: Elaboración propia

En el gráfico N° 1, se muestra el comportamiento del pH durante los 4 meses de muestreo, se observa que el agua del humedal de Ite es alcalino con una tendencia de ir aumentando. Los valores de pH favorables para el desarrollo de la vida acuática, van desde 6 – 7,2 pero según la norma ECA el pH en un ambiente

acuático debe ir entre los 6,8 hasta los 8,5 como se puede observar los promedios del pH del agua del humedal van desde los 7,09 hasta los 8,08 que están por encima de los valores favorables de desarrollo de la vida acuática pero están dentro de los valores permitidos según norma, se sabe que las diatomeas debido a su adaptabilidad sobreviven a diferentes rangos de pH.

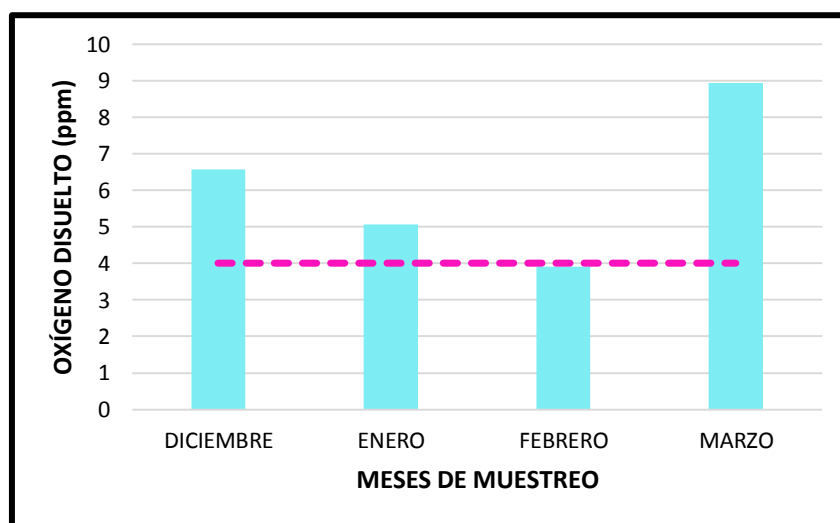
**Gráfico N° 2. Fluctuación de la conductividad eléctrica por mes de muestreo, comparada con la norma ECA.**



FUENTE: Elaboración propia

El agua del Humedal de Ite, como se observa en el Gráfico N° 2, presenta valores poco fluctuantes de conductividad eléctrica, que van desde los 5950.14 a los 6325,93  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , estos valores están por encima de la norma ECA que es de 5000  $\mu\text{S}/\text{c}$ , estas concentraciones nos indican que el agua del humedal presenta una elevada concentración de iones disueltos.

**Gráfico N° 3. Fluctuación del oxígeno disuelto en los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**

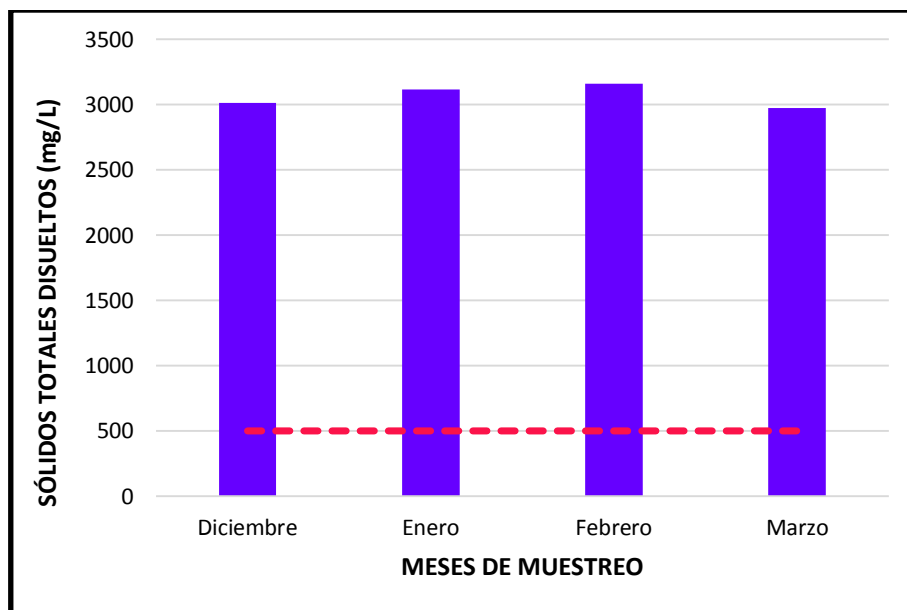


**FUENTE:** Elaboración propia

Los valores de oxígeno disuelto mostrados en el gráfico N°3, nos indica que los valores obtenidos en el mes de febrero se encuentran por debajo de lo establecido en la norma ECA, y que los

meses de diciembre, enero y marzo se encuentran por encima de este, que son valores aceptables para la vida de muchos organismos que necesitan oxígeno.

**Gráfico N°4. Fluctuación de los sólidos totales disueltos en los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**

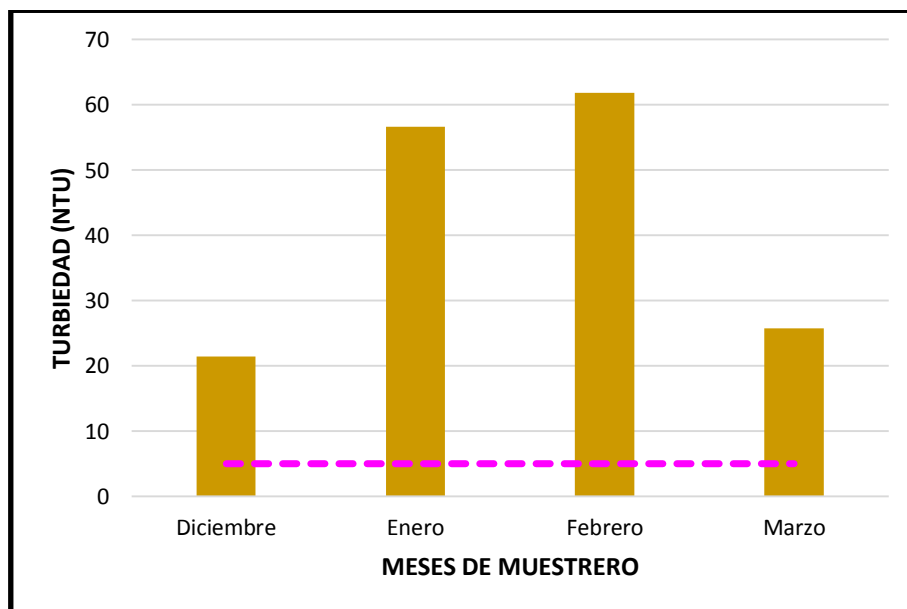


**FUENTE: Elaboración propia**

Los sólidos totales disueltos en el agua del Humedal de Ite, según el gráfico N° 4, muestra que en los 4 meses de muestreo presentan

valores por encima de la Norma ECA, que es de 500 mg/L; indicando así la presencia de una elevada cantidad de sales disueltas en el agua.

**Gráfico N°5. Fluctuación de la turbiedad en los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**



**FUENTE:** Elaboración propia

Según el gráfico N°5, la Turbiedad del agua del Humedal de Ite, en los cuatro meses de muestreo está por encima de lo que indica la norma ECA, la cual es perjudicial para algunos organismos que realizan la fotosíntesis, ya que la turbidez limita el paso de la luz, evitando así el desarrollo de dichos organismos.

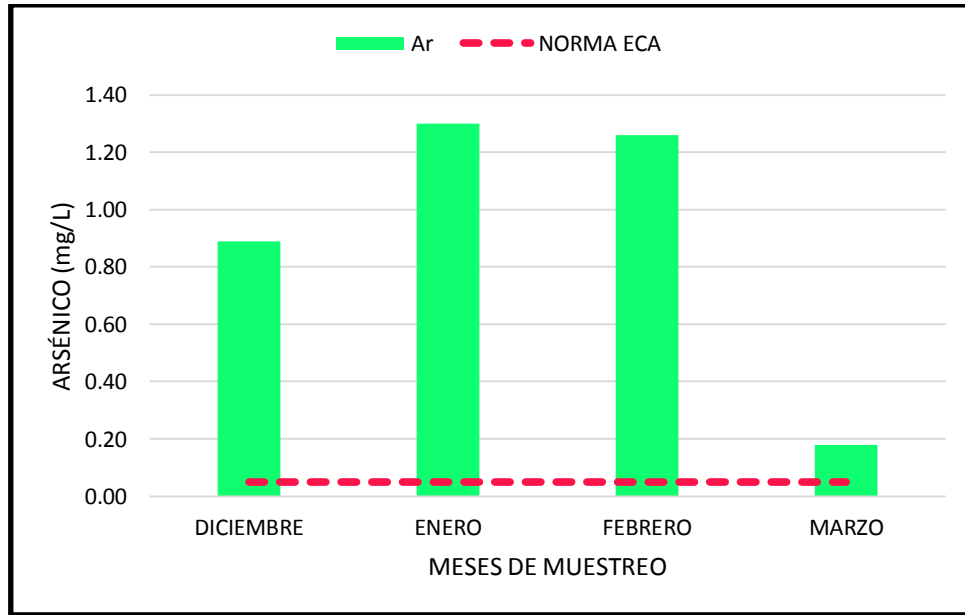
**Tabla N°2. Promedios de los parámetros fisicoquímicos del agua analizados en laboratorio del humedal de Ite**

	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Mn (mg/L)	Cinc (mg/L)	Sodio (mg/L)	Potasio (mg/L)
<b>DIC</b>	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	1374,54	198,74
<b>ENE</b>	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	1508,60	175,19
<b>FEB</b>	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	1532,64	171,89
<b>MAR</b>	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	1576,40	167,71

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Fosforo (mg/L)	Boro (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Plomo (mg/L)
<b>DIC</b>	17,05	1226,34	1996,28	1288,7	0,22	35,5	0,89	0,01
<b>ENE</b>	19,22	1329,95	1162,01	1441,56	0,24	30,91	1,30	0,04
<b>FEB</b>	23,07	1428,27	1370,58	1458,61	0,29	36,37	1,26	0,07
<b>MAR</b>	8,62	1560,07	1728,20	1382,53	0,47	40,49	0,18	0,05

**FUENTE: Elaboración propia**

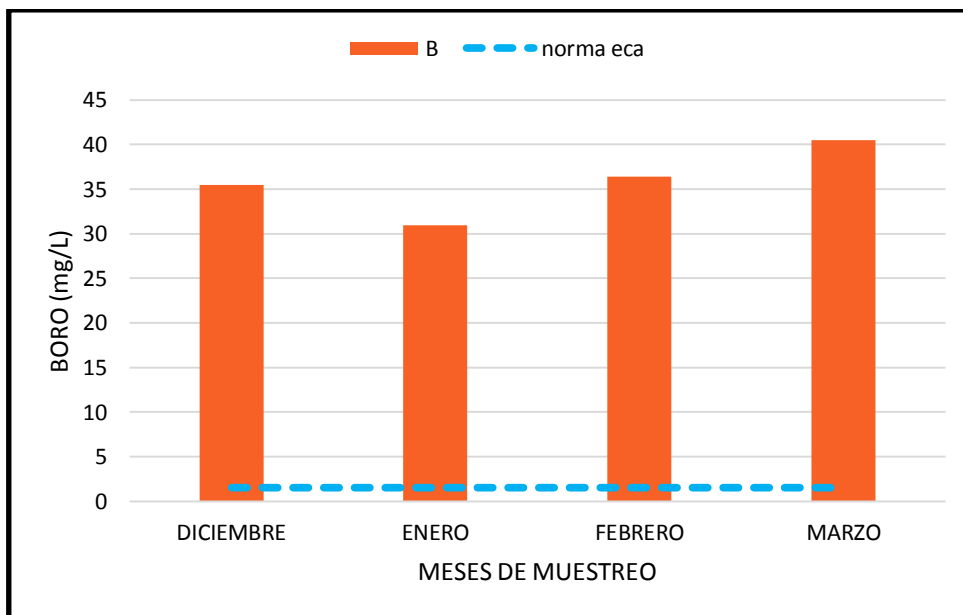
**Gráfico N°6. Fluctuación del arsénico durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**



**FUENTE:** Elaboración propia

Según el gráfico N° 6, el arsénico según la norma ECA para aguas tiene como máximo valor permisible 0,05mg/L, como se observa en el gráfico los meses de diciembre a febrero presentan un promedio que va desde los 0,89 hasta 1,30 mg/L, y en el mes de marzo esta desciende de manera considerable con un promedio de 0,18; pero en los cuatro meses de muestreo el agua del Humedal de Ite presentan una elevada cantidad de arsénico.

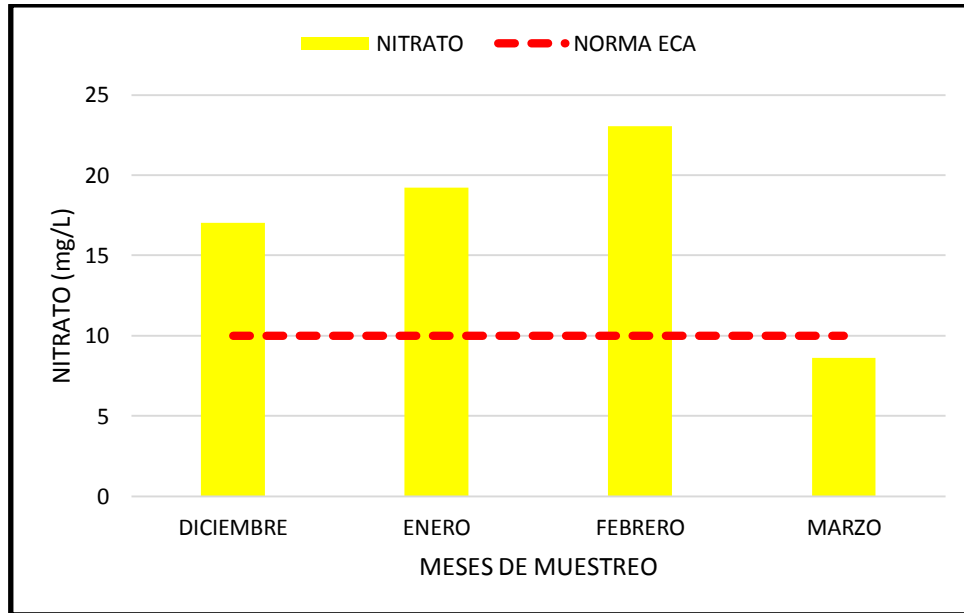
**Gráfico N°7. Fluctuación del boro durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**



**FUENTE:** Elaboración propia

Según el gráfico N° 7, la presencia de boro está por encima de lo indicado en la Norma ECA para aguas, la cual es de 1,5mg/L, es así que se obtuvieron promedios que van desde los 30,91mg/L hasta los 40,49mg/L esto en los cuatro meses de muestreo, indicando así que el agua del Humedal contiene una concentración elevada de boro.

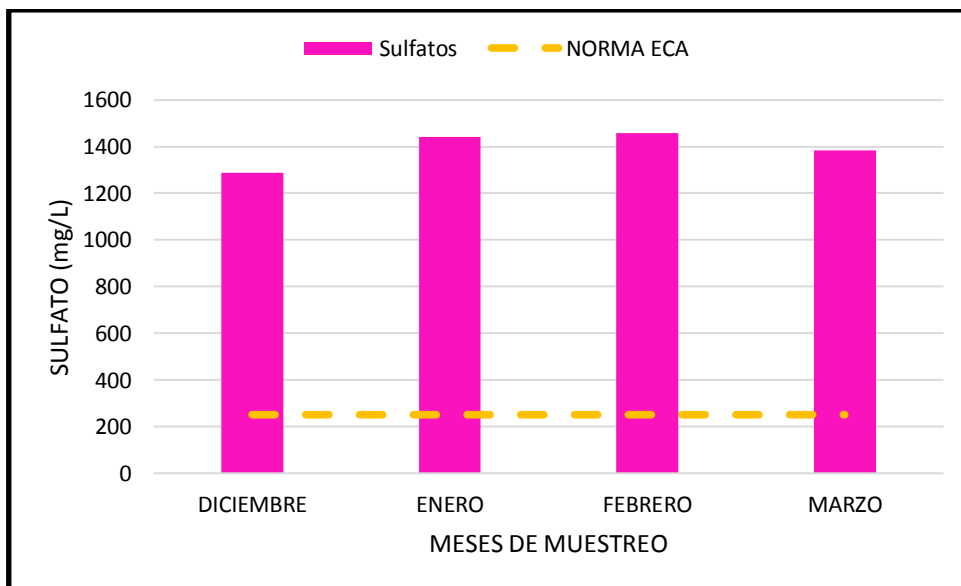
**Gráfico N°8. Fluctuación del nitrato durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**



**FUENTE:** Elaboración propia

El Nitrato tiene como máximo valor permisible según la norma ECA de 10mg/L, según el gráfico N° 8, en los meses de diciembre a febrero se tienen promedios de 17,05 hasta 23,07 mg/L superando así el valor permitido, pero en cambio el mes de marzo presenta un valor por debajo de esta norma que es de 8,62mg/L.

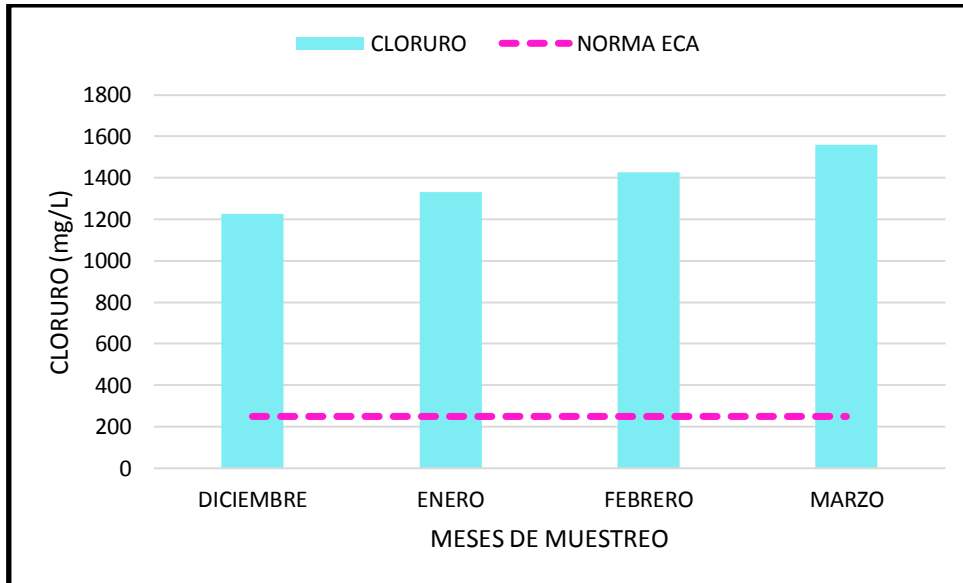
**Gráfico N°9. Fluctuación de los sulfatos durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**



**FUENTE: Elaboración propia**

Según el gráfico N° 9, los sulfatos en el agua del humedal presentan valores elevados en los cuatro meses de muestreo, teniendo promedios que van desde 1288 hasta 1458mg/L; las cuales según la norma ECA deberían estar por debajo de 250mg/L.

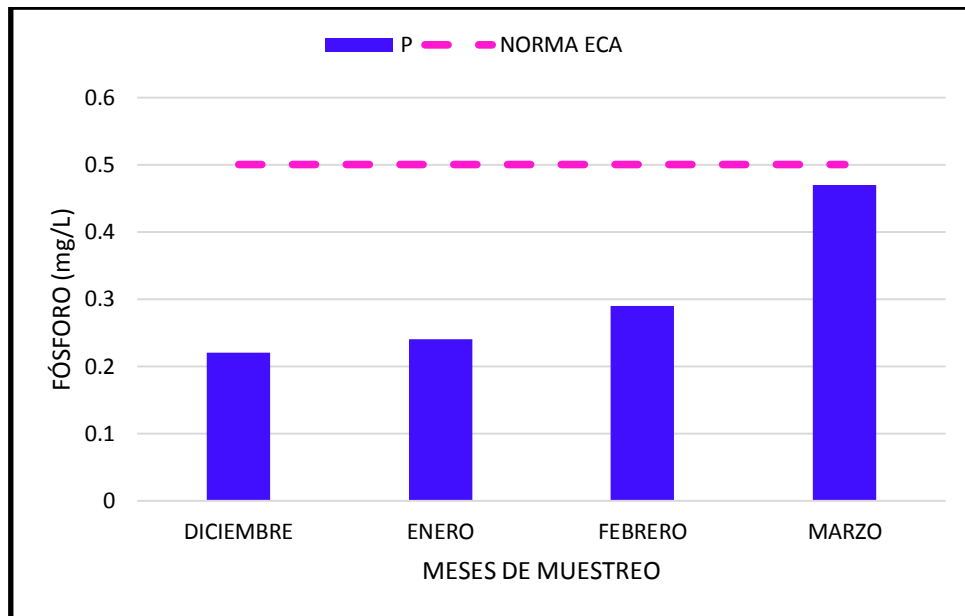
**Gráfico N°10. Fluctuación del cloruro durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**



**FUENTE: Elaboración propia**

Según el gráfico N° 10, el cloruro presente en el agua del humedal de Ite, este se va incrementando mes a mes, estos valores superan el límite máximo permisible según la norma ECA para aguas, según la OMS estos niveles altos intensifican los efectos corrosivos del agua.

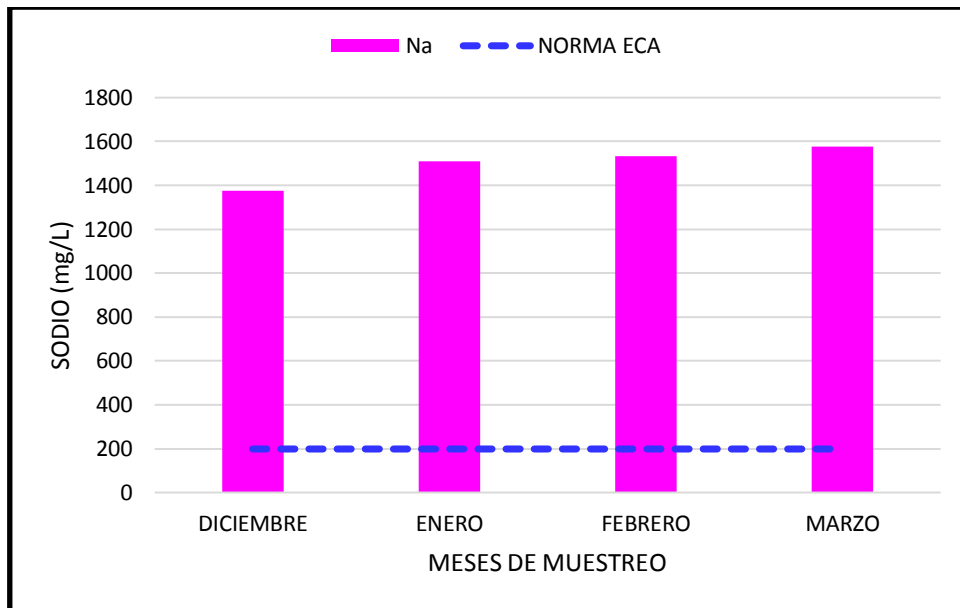
**Gráfico N°11: Fluctuación del fósforo durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**



**FUENTE: Elaboración propia**

En el gráfico N° 11, se muestra que los valores de fósforo en los cuatro meses de muestreo, van desde los 0,2 hasta los 0,48mg/L, mostrando así valores por debajo del límite máximo permisible según la norma ECA para aguas, si se hubiese obtenido valores altos de fósforo, estos conllevarían al agua del humedal a un deterioro más rápido con respecto a los cambios físicos de turbiedad y pH.

**Gráfico N°12. Fluctuación del sodio durante los meses de muestreo, comparada con la norma ECA.**



**FUENTE:** Elaboración propia

En el gráfico N° 12, los valores de sodio en los cuatro meses de muestreo, superan el límite máximo permisible según la norma ECA que es de 200 mg/L, la presencia de sodio en el agua del humedal hace que haya valores elevado con respecto a la CE, ya que este se basa en la presencia de minerales presentes en el agua.

#### 4.2. Composición y estructura de la Comunidad de Diatomeas

En la cuantificación de diatomeas del humedal de Ite durante los 4 meses de muestreo, se encontró un total de 64814 organismos **(Ver anexo N° 13)**, los cuales se encuentran distribuidas en 129 especies, dentro de 29 familias y 33 géneros que están en 9 órdenes.

Las especies más abundantes fueron *Campilodiscus bicostatus* con 11278 individuos, seguido de *Cyclotella cyclopenta* con 10563 individuos y *Cyclotella* sp. con 6472 individuos. Con respecto a los géneros, los taxones más abundantes fueron *Navícula* y *Nitzschia* con 25 especies cada una.

##### **División Bachillariophyta (Fernández, A. 1999)**

Orden: Surirellales

Familia: Surirellaceae

Género: *Campylodiscus*

Género: *Surirella*

Familia: Entomoneidaceae

Género: *Entomoneis*

Orden: Achnanthes

Familia: Achnanthaceae

Género: *Achantales*

Familia: Cocconeidacea  
Género: *Cocconeis*  
Orden: Fragilariales  
Familia: Fragilariaceae  
Género: *Diatoma*  
Género: *Synedra*  
Orden: Cymbellales  
Familia: Cymbellaceae  
Género: *Cymbella*  
Género: *Encyonema*  
Familia: Gomphonemataeae  
Género: *Ghomponema*  
Orden: Eunotiales  
Familia: Eunotiaceae  
Género: *Fragilaria*  
Género: *Eunotia*  
Orden: Thalassiosirales  
Familia: Melosiraceae  
Género: *Melossira*  
Familia: Stephanodiscaeae  
Género: *Cyclotella*  
Género: *Stephanpdiscus*  
Orden: Rhopalodiaceae  
Familia: Rhopalodiaceae  
Género: *Rhopalodya*

Género: *Ephitemia*

Orden: Bacillariales

Familia: Bacillariaceae

Género: *Nitzschia*

Género: *Denticula*

Género: *Hantzschia*

Orden: Naviculales

Familia: Neidiaceae

Género: *Neidum*

Familia: Plagiotropidaceae

Género: *Plagiatropis*

Familia: Pleurosigmataceae

Género: *Gyrosigma*

Género: *Pleurosygma*

Familia: Naviculaceae

Género: *Navicula*

Familia: Stauroneidaceae

Género: *Stauroneis*

Familia: Pinnulariaceae

Género: *Pinnularia*

Familia: Amphipleuraceae

Género: *Frustulia*

Familia: Mastogloiaceae

Género: *Mastogloia*

Familia: Naviculaceae

Género: *Caloneis*

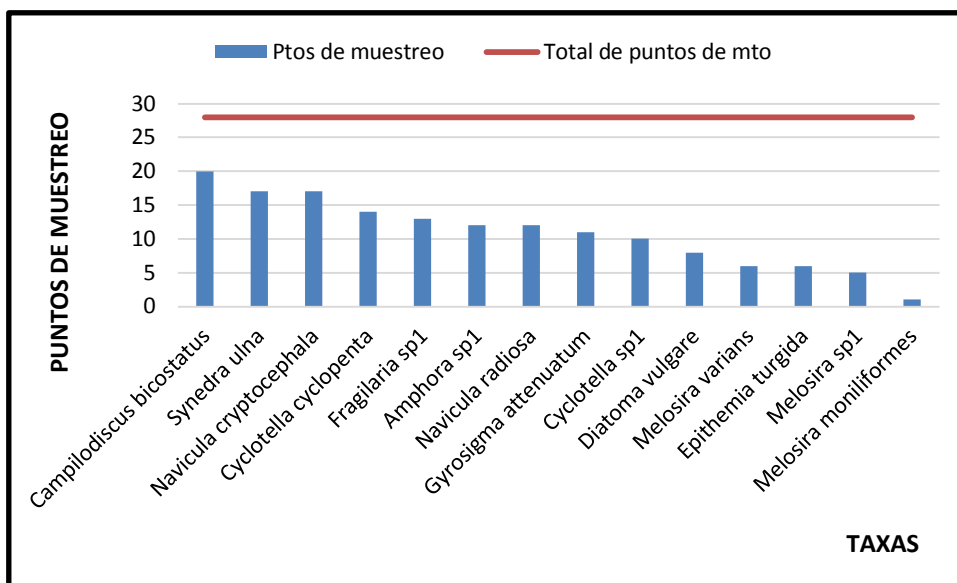
Familia: Stauroneidaceae

Género: *Craticula*

Familia Diploneidaceae

Género: *Diploneis*

**Gráfico N°13. Taxas con mayor abundancia de organismos presentes en los puntos de muestreo, durante todos los meses de estudio.**



FUENTE: Elaboración propia

Las taxas con mayor presencia durante los 4 meses de muestreo fueron: *Campilodiscus bicostatus* que estuvo presente en

20 puntos, así mismo *Synedra ulna* y *Navicula cryptocephala* en 17 puntos, *Cyclotella cyclopenta* en 14 puntos, *Fragilaria* sp.1 en 13 puntos, *Amphora* sp.1 y *Navicula radiosa* en 12 puntos, *Gyrosigma attenuatum* en 11 puntos y *Cyclotellasp.1* en 10 puntos; siendo las especies más abundantes *Campilodiscus bicostatus*, *Cyclotella cyclopenta* y *Cyclotellasp.1* como se observa en la Tabla siguiente:

**Tabla N° 3. Especies más abundantes en los puntos de muestreo**

Especies	N° Puntos de muestreo	Total de organismos
<i>Campilodiscus bicostatus</i>	20	11278
<i>Synedra ulna</i>	17	3421
<i>Navicula cryptocephala</i>	17	2182
<i>Cyclotella cyclopenta</i>	14	10563
<i>Fragilaria</i> sp. 1	13	1539
<i>Amphora</i> sp. 1	12	1866
<i>Navicula radiosa</i>	12	1675
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	11	1372
<i>Cyclotella</i> sp. 1	10	6472

FUENTE: Elaboración propia

En los cuatro meses de muestreo la especie de *Campilodiscus bicostatus* tuvo un total de 11278 organismos en un total de 20 puntos, indicando posiblemente que es la especie que tuvo mayor

adaptabilidad a las condiciones del medio acuático, seguido de *Cyclotella cyclopenta* que presentó un total de 10563 en 14 puntos de muestreo y *Cyclotella* sp.1 con 6472 en 10 puntos de muestreo.

**Tabla N° 4. Índices de diversidad por puntos de muestreo del mes de diciembre a marzo.**

Índices de Diversidad	Diciembre							Enero						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Taxa	23	23	17	19	32	17	25	24	19	22	26	22	30	19
Individuals	1467	2910	2336	1792	1197	6557	3025	6614	1717	1697	1578	4995	397	495
Shannon	3,95	3,55	3,11	3,40	4,30	3,15	3,92	3,44	3,85	3,40	3,82	3,55	4,39	3,34
Simpson	0,89	0,92	0,90	0,90	0,93	0,89	0,91	0,93	0,84	0,93	0,93	0,92	0,93	0,92
Menhinick	5,42	4,43	3,71	4,05	6,05	3,55	4,90	4,12	5,08	4,49	5,00	3,95	6,26	4,25
Margalef	7,61	6,68	5,26	5,82	9,30	5,10	7,37	6,52	6,82	6,61	7,59	6,12	9,25	6,01

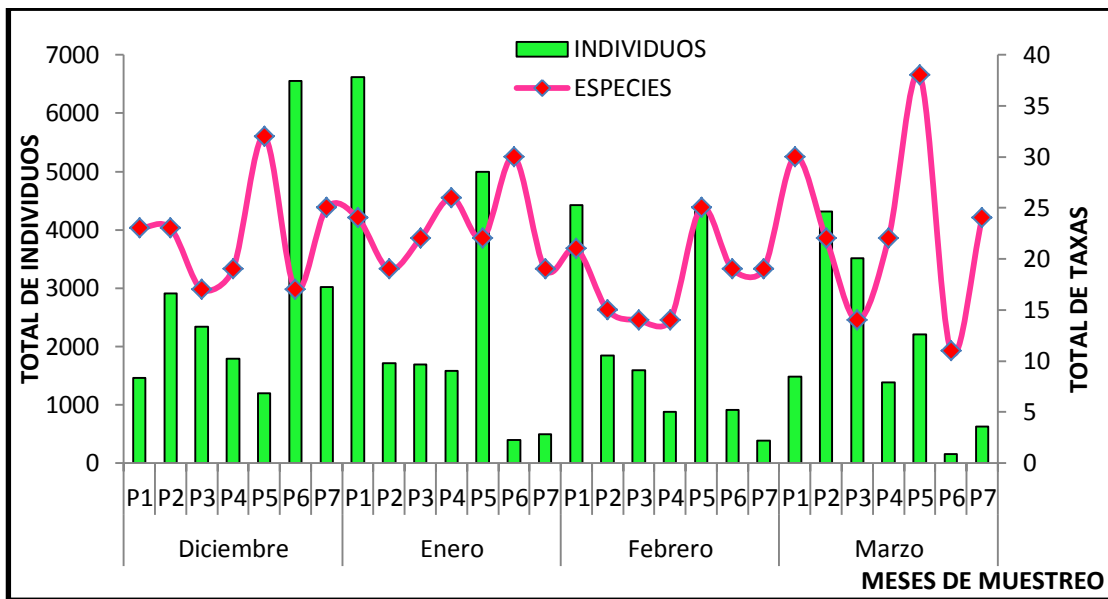
Índices de Diversidad	Febrero							Marzo						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Taxa	21	15	14	14	25	19	19	30	22	14	22	38	11	24
Individuals	4424	1844	1596	880	4311	911	384	1484	4314	3513	1382	2208	153	633
Shannon	3,40	3,00	2,97	2,97	3,60	3,36	4,00	4,21	3,63	2,88	3,57	4,19	2,88	3,91
Simpson	0,91	0,88	0,87	0,88	0,93	0,91	0,84	0,93	0,90	0,88	0,92	0,96	0,82	0,91
Menhinick	4,04	3,64	3,40	3,30	4,42	4,15	5,27	5,77	4,40	3,40	4,40	6,09	3,67	5,24
Margalef	6,07	4,94	4,59	4,50	6,93	5,91	7,02	8,80	6,52	4,59	6,52	10,10	4,55	7,56

FUENTE: Elaboración propia

La Tabla N°4, plasma los resultados de los índices de diversidad utilizados, que permiten ver desde su enfoque el

comportamiento de las diatomeas a lo largo de los cuatro meses de muestreo, con respecto al índice de Shannon los valores se encuentran 2,88 a 4,30, teniendo en cuenta que los valores inferiores a dos se consideran bajos y superiores a 3 son valores altos indicando así una riqueza de especies ya que en la mayoría de puntos de muestreo se obtuvo valores mayores a 3; con el índice de Simpson, los valores 0,84 hasta 0,96, donde los valores cercanos a la unidad representan baja diversidad a lo largo de los cuatro meses de muestreo, sin embargo según el índice de Margalef, si se tiene valores por encima de 5,0 se considera un indicativo de alta biodiversidad, es así que se obtuvieron valores desde 4,55 hasta 7,71 en los cuatro meses de muestreo.

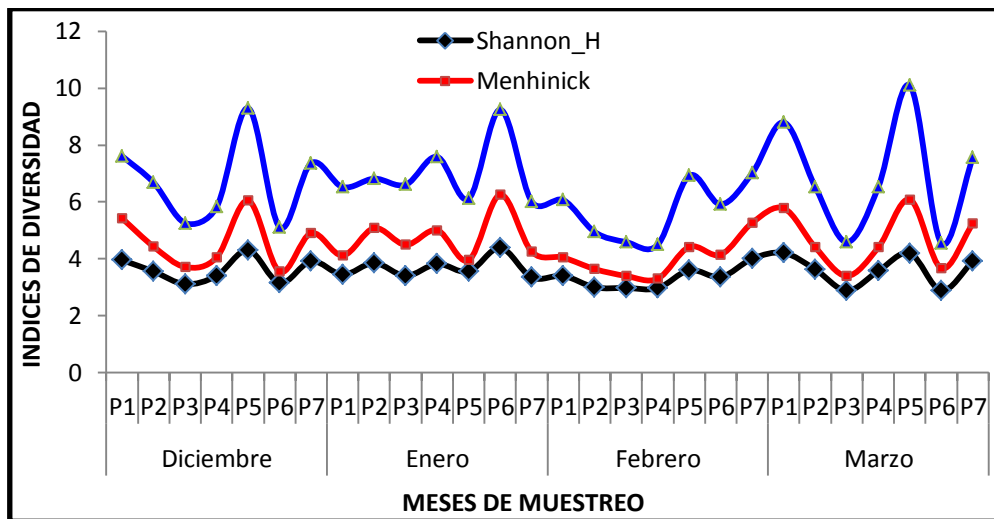
**Gráfico N°14. Total de individuos con el total de taxas en cada punto de muestreo, en los 4 meses de estudio.**



**FUENTE:** Elaboración propia

Según el gráfico N°14, se observa que en cada punto de muestreo el número de taxas no siempre coincide con el número de individuos encontrados, ya que como se puede ver hay puntos en los que la cantidad de especies es menor a la cantidad de individuos encontrados y viceversa.

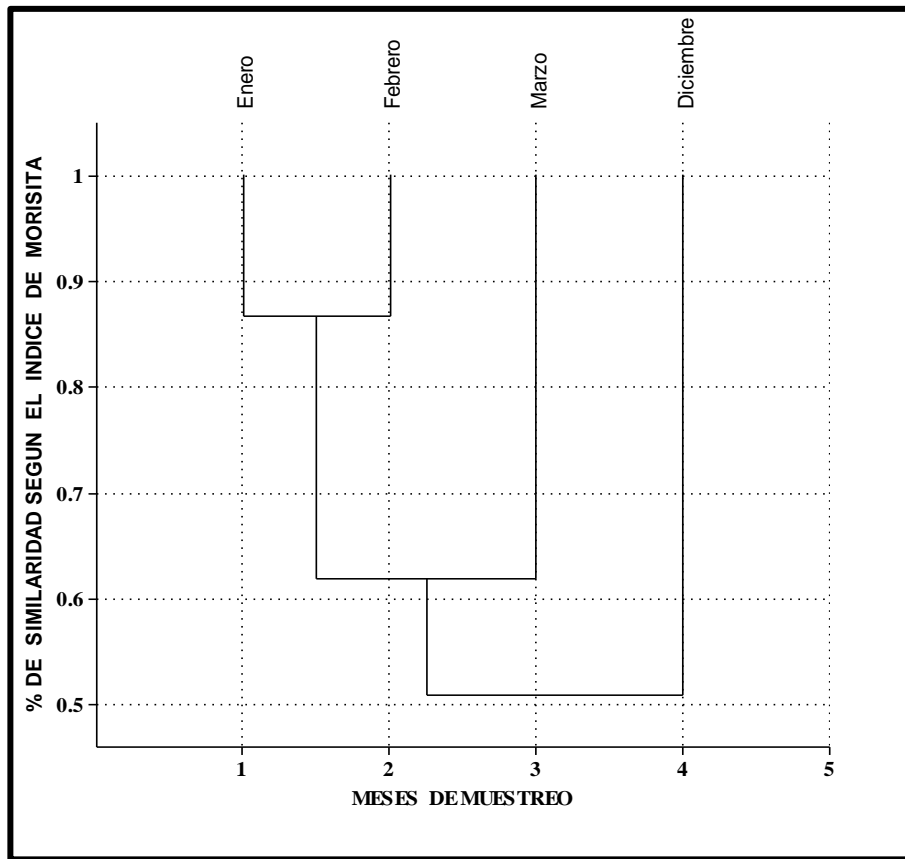
**Gráfico N°15. Índices de diversidad (Shannon, Menhinick y Margalef) en cada punto de muestreo, en los meses de muestreo**



**FUENTE:** Elaboración propia

En el gráfico N° 15 se muestra que, según los índices de diversidad de Shannon, Menhinick y Margalef; existen puntos en los cuales la diversidad de especies es mayor, como los son en el punto 5 del mes de diciembre, el 6 en el mes de enero, el 5 en febrero y el más alto el punto 5 en el mes de marzo.

**Gráfico N°16. Porcentaje de similitud según el índice de Morista de los 4 meses de muestreo.**

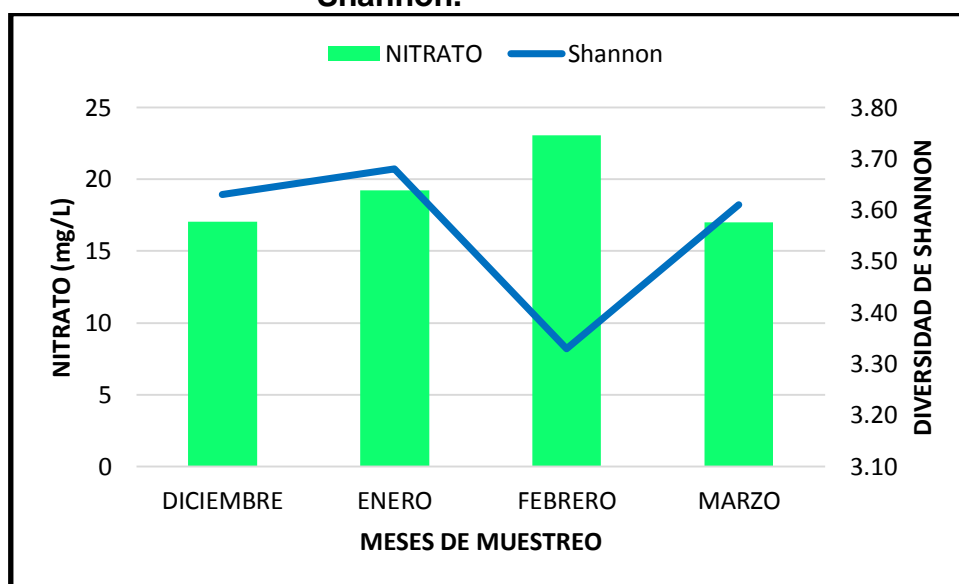


**FUENTE:** Elaboración propia

En el gráfico se muestra que, según en el índice de Morista, en el mes de enero y febrero existe una semejanza de casi un 90%, esto con respecto a la abundancia de la especie más común, en este caso

se debería a la presencia de *Campilodiscus bicostatus*, que en los cuatro meses de muestreo existió una gran abundancia de esta especie, así mismo el mes de enero y febrero tienen semejanza en un 65% con el mes de marzo y estas a la vez con el mes de diciembre en un 53% aproximadamente.

**Gráfico N°17. Fluctuación del nitrato durante los meses de muestreo, con relación a la diversidad de Shannon.**

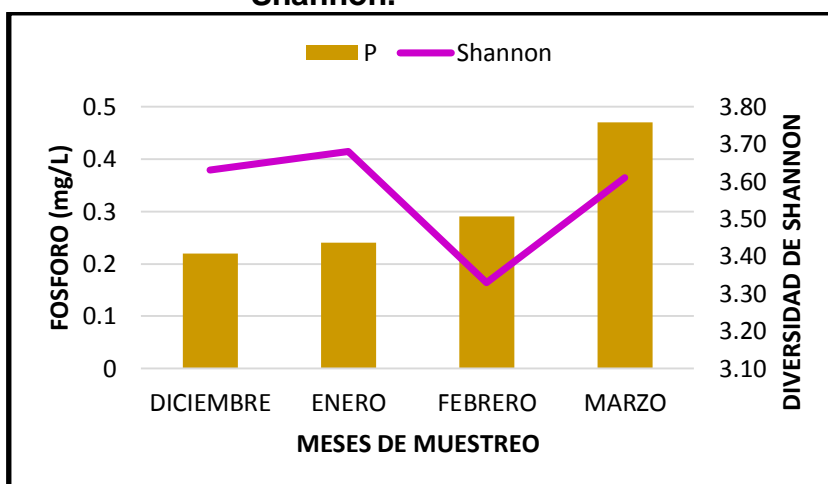


FUENTE: Elaboración propia

En el gráfico N° 17 se muestra que, la diversidad de diatomeas según el índice de Shannon con relación al nitrato es la siguiente, en

los meses de diciembre, enero y marzo donde los valores están por debajo de los 20mg/L presenta ligeramente una elevada diversidad de especies; en cambio en el mes de febrero donde el promedio de nitrato sea un poco alto la diversidad de diatomeas baja considerablemente, esto evidencia que el nitrato como nutriente puede influenciar en el desarrollo de las diatomeas, limitándolo así cuando existen valores altos de nitrato.

**Gráfico N°18. Fluctuación del fósforo durante los meses de muestreo, con relación a la diversidad de Shannon.**

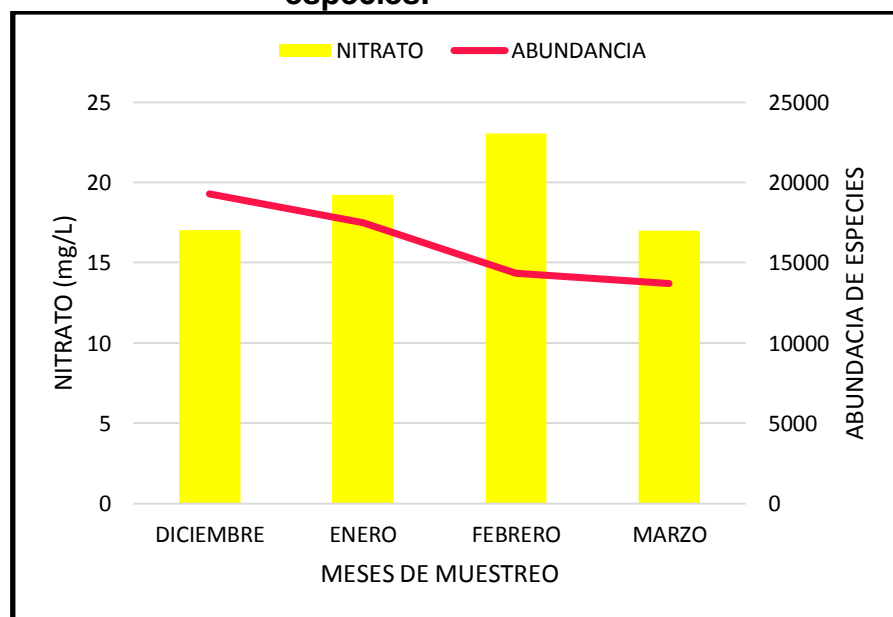


FUENTE: Elaboración propia

En el gráfico N° 18 se muestra que, el índice de Shannon con relación al fósforo, como se observa en el gráfico este va en aumento

desde el mes de diciembre a marzo pero según el índice de diversidad este parece no influenciar en su abundancia, ya que en el mes de febrero tiende a disminuir la abundancia pero vuelve a ascender en el mes de marzo.

**Gráfico N°19. Fluctuación del nitrato durante los meses de muestreo, con relación a la abundancia de especies.**



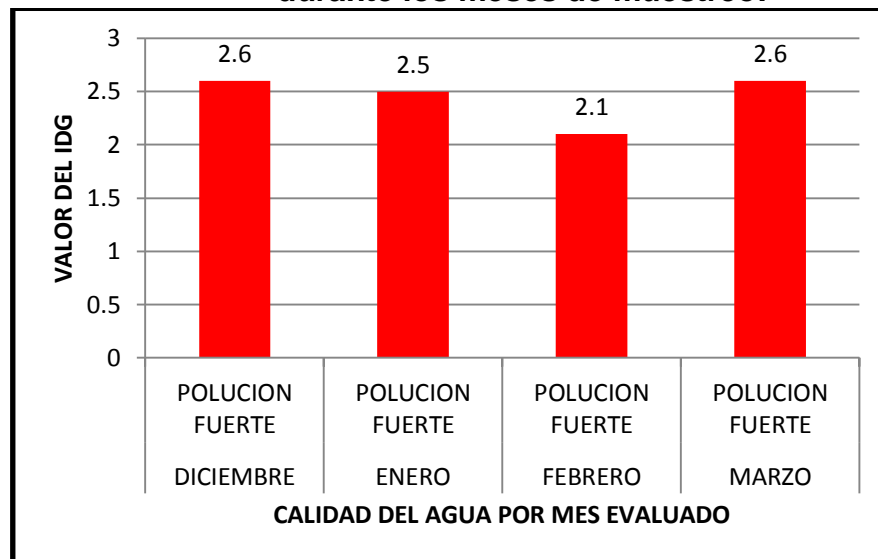
FUENTE: Elaboración propia

En el gráfico N° 19 se observa que, en la abundancia de especies, con relación al nitrato parece ser que no guarda cierta

relación con respecto a su biomasa, como se observa en el gráfico, en los meses de diciembre a febrero donde los valores de nitrato tienden a ir en aumento, ocurre lo contrario con la abundancia tiende a ir en descenso, pero en el mes de marzo donde el nitrato se eleva considerablemente la abundancia tiende a aumentar ligeramente.

#### 4.3. Calidad del agua del Humedal de Ite

**Gráfico N°20. Valores del índice diatómico genérico (IDG) durante los meses de muestreo.**

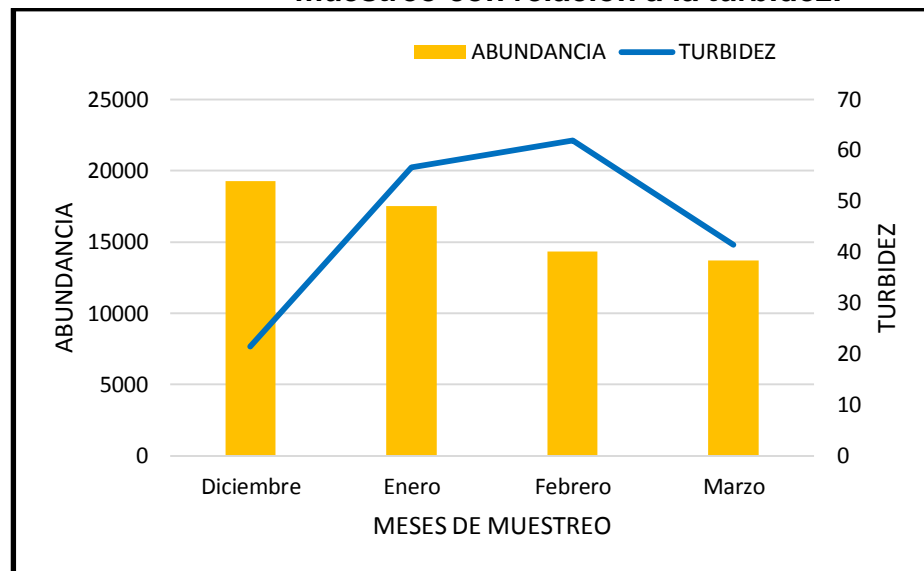


FUENTE: Elaboración propia

En el gráfico N° 20 se muestra que, el Índice Diatómico Genérico (IDG) es utilizado para determinar la calidad trófica o estado de

contaminación orgánica del agua, es así que los valores obtenidos en los meses de diciembre del 2013 a marzo del 2014 van de 2,1 a 2,6, estos valores indican que el agua del Humedal presenta una Polución Fuerte esto según la Tabla de rangos de contaminación orgánica para el IDG.

**Gráfico N°21. Abundancia de especies por cada mes de muestreo con relación a la turbidez.**



**FUENTE:** Elaboración propia

En el gráfico N° 21 se muestra que, existe una relación considerable entre la abundancia de las diatomeas y la turbidez del

agua, como se observa en el Gráfico que a menor turbidez hay una mayor abundancia como se ve en el mes de diciembre, y a medida que la turbidez se eleva como se ve en el mes de enero y febrero la abundancia de las diatomeas desciende, pero en el mes de marzo la turbidez desciende considerablemente haciendo que la abundancia de especies aumenta.

## V. DISCUSIÓN

El presente estudio se realizó en el Humedal de Ite ubicado en la vía costanera, encontrándose en el Valle de Ite, de la provincia de Jorge Basadre, dicho ecosistema por años viene siendo un depósito de relaves mineros y de materiales de desecho el cual viene causando un deterioro a dicho ecosistema.

**Darley, 1991** menciona que en un estudio descriptivo, como esta investigación, tiene como objetivo de presentar al sistema como existe en su estado natural. (“Vea quien esta y que es lo que ocurre”). Este enfoque, que se aplica con más frecuencia a los sistemas naturales, debe dar una descripción tanto del estado estable como de las características dinámicas del sistema, con un mínimo de alteración de su estado natural.

Los parámetros abióticos analizados en el presente estudio fueron 20 en total, 6 parámetros físicos y 14 parámetros químicos, los cuales nos ayudaran a comprender el estado natural del agua de este

Humedal y ver si estos parámetros interfieren o no en el desarrollo de las diatomeas en estudio debido a que según **Quiróz y Rondón, 2004** mencionan que la estructura de las comunidades está determinada principalmente por las variables físicas (32,3%) y químicas (56,4%) con respecto a las hidrológicas (11,3%).

Teniendo así que las variables físicas principales para el estudio de las diatomeas, tenemos al pH, T°, CE, turbidez y OD , estas nos ayudan a comprender el comportamiento de la comunidad de diatomeas y posiblemente el estado actual del agua de este humedal, es así que tenemos que el Oxígeno disuelto (OD), determinado en el mes de marzo fue de 8,94 mg/L, el cual nos indica que hay suficiente oxigenación para el desarrollo de los organismos presentes en dicho ecosistema, en el mes de diciembre y enero los valores son de 6,58 y 5,07 mg/L respectivamente, evidenciando de la misma manera una buena oxigenación, en cambio en el mes de febrero se obtuvo un valor de 3,91 mg/L el cual está por debajo del máximo valor permitido según la Norma ECA para aguas de un estuario, el cual afectaría el nivel de actividad, alimentación,

crecimiento y reproducción de ciertos organismos presentes en el agua, pero en el caso de las diatomeas estas pueden desarrollarse a diferentes valores de OD. En el caso del pH, estos presentaron valores entre 7,09 hasta 8,08 indicando que el agua es ligeramente alcalina, según **Hustedt, 1939** menciona que las tasas de diatomeas están relacionadas con el pH, es así que **Planas, 1996**, en su artículo denominado: "Efectos de la acidificación en las algas", clasifica a las diatomeas según su relación con el pH, así tenemos: acidobiontes (óptimo pH < 5,5), acidófilas (óptimo pH <7,0), circumneutrales o indiferentes (pH alrededor de 7,0), alcalifíticas (rango de distribución > 7,0) y alcalibiontes (sólo presentes a pH > 7,0), es así que las tasas de diatomeas tienen un amplio rango de desarrollo frente al pH del medio acuático.

La temperatura es una variable importante debido a que ciertas variables dependen de esta ya que si se diera el caso de que el agua estuviera fría, habría más OD que en el agua caliente. Es así que tenemos en los meses de diciembre a marzo valores entre 17 a 27° C, estos valores varían dependiendo de la profundidad del cuerpo de

agua evaluado, en este caso, había puntos de muestreo con una profundidad de uno a dos metros de profundidad, por tal motivo se encuentran diferentes temperaturas en un mismo ecosistema.

En el caso de la Conductividad Eléctrica (CE), este es un parámetro importante debido a que con este podemos ver si hay o no elevada cantidad de iones presentes en el agua, en este caso en los 4 meses de muestreo, se obtuvo valores que van desde los 5950,14 a 6325,29( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), indicando que el agua del Humedal de Ite existe una gran cantidad de iones presentes, lo cual nos sirve para poder determinar los parámetros químicos en dicho ecosistema.

Los Sólidos totales disueltos, nos indican la presencia de material en suspensión en el agua, la cual está ligada a la turbidez, haciendo así que el agua pierda su transparencia debido a la presencia de sólidos. En el caso del agua del humedal, se tienen valores de STD, que van desde los 2974 a 3162,57 mg/L, que según la norma ECA para aguas están por encima del valor permitido, indicando que existe una gran cantidad de material en suspensión y por ende que hay un mayor grado de turbidez, como se evidenció en

la determinación de la misma, es así que tenemos en los 4 meses de muestreo promedios de 21,43 hasta 61,87 NTU, que indica que el agua del humedal presenta una turbidez elevada, la cual puede afectar en la fotosíntesis, la respiración y reproducción de algunos organismos.

**Genter, 1996** menciona que las variables químicas inorgánicas influyen la tasa de crecimiento celular, el desarrollo, y abundancia de la población de algas, la cual se refleja en cambios en la abundancia relativa de las comunidades, es por tal motivo que se realizó el análisis de ciertos parámetros químicos, en el agua del humedal de Ite ya que este ecosistema fue creado cerca de depósitos de relave minero.

Según **Bonilla, 1995** y **Aranda, 1999**, señalan que los metales trazas en los ecosistemas naturales, constituyen uno de los aspectos más importantes de la contaminación, ya que son la representación de la materia inorgánica antrópica, la cual es considerada como esencial y

tóxica dependiendo tanto de la especiación química del elemento traza como su contenido.

De acuerdo al nivel de concentración los metales que se encontraron en el agua del Humedal de Ite, tenemos en orden decreciente: B >As>Pb>Cd>Zn, Mn, Cu, Fe. La reactividad y toxicidad de esos elementos, así como su posible impacto en la vida acuática varía de acuerdo a la concentración de cada metal.

**El Boro**, como se observa en el Gráfico N°07 presento concentraciones elevadas en los cuatro meses de muestreo, y según el valor que indica la Norma ECA para aguas están por encima del máximo valor permisible, según **Vidal, 1990** el boro es necesario en cantidades relativamente pequeñas pero se vuelve tóxico cuando sobrepasa estos niveles, se ha realizado estudios mayormente en el efecto que produce el boro en plantas, faltando así estudios en el efecto que podría o no causar a los organismos acuáticos.

La toxicidad del **Arsénico**, depende del estado de valencia, del tiempo de exposición y de la forma química, el valor de Arsénico total

determinado incluye a ambos estados de valencia, en este estudio se obtuvieron valores por encima de lo establecido según la Norma ECA para aguas, dando como resultado que el agua de dicho humedal presenta contaminación por este metal.

Los metales como el Plomo, Cadmio, Manganeso. Cobre, Hierro y Zinc, presentan valores poco perceptibles, estos están por debajo del límite máximo permisible según la Norma ECA, no resultando así un contaminante para el medio acuático del Humedal de Ite.

Los promedios en los cuatro meses de muestreo del Fosforo y Nitrato se encuentran por encima del máximo valor permisible de la norma ECA para aguas, conllevando así posiblemente a un estado de eutrofización, pero también estos macronutrientes son importantes para el desarrollo de los organismos del medio acuático, según **Ongley, 1997** la principal causa de eutrofización de aguas superficiales, es el uso de suelo que involucra actividades agrícolas y ganaderas, constituyendo así un factor importante para el enriquecimiento de nutrientes como el fosforo y principalmente el

nitrate, provenientes del uso de fertilizantes químicos, lo que implica la modificación del flujo de nutrientes hacia el cuerpo de agua, lo que finalmente contribuye a incrementar y acelerar el enriquecimiento del sistema.

Los sulfatos, cloruros y la dureza total del agua del humedal de Ite, también se encuentran por encima del límite permisible según la Norma ECA para aguas, cada uno de estos parámetros afecta de manera considerable a la calidad del agua, ya sea en sus características organolépticas o en los usos que se le asigna al agua.

En este estudio se puede establecer que las variables fisicoquímicas modelaron de cierta forma el comportamiento de algunas especies de Diatomeas presentes en el Humedal de Ite, A pesar de estar inmersa en un ambiente con una tendencia a la eutrofización (razón por la cual podría esperarse que los taxones de diatomeas presentes sea tolerantes a niveles considerables de contaminación), es así que las especies de bacilliaroficeas mostraron variaciones en función a su grado de sensibilidad.

La flora diatomológica encontrada en el Humedal de Ite corresponden en su mayoría a especies cosmopolitas, las cuales presentaron divergencias en su abundancia influenciadas claramente por su nivel de tolerancia a las circunstancias particulares del ambiente estudiado.

Los índices de diversidad utilizados fueron el índice de diversidad de Shannon – Wiener ( $H'$ ) que obtuvo valores entre 3 y 4,4. **Grimaldo, 1998**, menciona que en el índice de Shannon- Wiener para el caso de ambientes acuáticos se haya correlacionado con la calidad del agua en ecosistemas lénticos, valores entre 3 y 5 representan sistemas con alta calidad de agua, valores entre 0 y 1,5 corresponden a aguas muy contaminadas. En el presente estudio se obtuvo valores mayores a 3, durante los 4 meses de muestreo, representando así según Grimaldo una alta calidad del agua. Con el índice de diversidad de Simpson se obtuvo valores entre 0,84 a 0,96 donde: valores inferiores al 20 % indican una calidad muy buena del agua, mientras que si la valoración supera el 60 % la calidad del agua será deficiente o mala, como se observa en el presente estudio según este índice tenemos que, en los cuatro meses de muestreo existen valores más allá del 80% por tanto

la calidad del agua es mala, esto se puede deber principalmente a impactos tales como contaminación orgánica, degradación en la morfología del medio acuático y degradación general. Según los índices de Margalef si se obtienen valores menores a 2 se relaciona con zonas de baja diversidad pero en cambio sí se obtienen valores mayores a 5 son considerados como indicativo de alta diversidad, es así que tenemos en el presente estudio valores mayores a 5 en la mayoría de puntos de muestreo por tanto según **Margalef, 1993** la diversidad de diatomeas en los cuatro meses de muestreo existe una alta diversidad.

En sí el humedal de Ite se caracterizó por presentar algunas especies con una abundancia alta. Esto parece ser común en este tipo de ambientes intervenidos donde las condiciones extremas permiten el desarrollo de unas pocas especies dominantes (**Lobo 1983; Margalef 1983**).

Las diatomeas que presentaron mayor abundancia en los cuatro meses de muestreo fueron: *Campilodiscus bicostatus* con

11278 individuos , seguida por *Cyclotella cyclopenta* 10563 individuos y *Cyclotella sp1*, 6472 individuos, estas tres especies reportaron mayor abundancia, se puede decir que estas especies podrían considerarse como indicadoras de contaminación orgánica y por metales pesados, debido a que se pueden desarrollar en presencia de niveles elevados de dichos elementos presentes en el medio acuático. Según **Fernandez, 1999**, estas diatomeas son consideradas alcalofíticas, lo cual corrobora que su desarrollo sea abundante, en el agua del humedal de Ite que presento valores de pH iguales a 7 hasta 8, indicando que es un medio alcalino, en cambio las especies que presentaron menor abundancia tenemos a *Ephitemia argus* y *Pinnularia lata*, las cuales vendrían a ser especies que necesitan un habitat que cumpla cierto parámetros para su desarrollo normal.

En la determinación del Índice Diatómico Genérico (IDG), el cual es utilizado para determinar la calidad trófica, en este estudio se pudo determinar que el agua del Humedal de Ite, presenta una polución fuerte en los cuatro meses de muestreo. Si bien es cierto la literatura con respecto a la determinación de la calidad de aguas de

este tipo de ecosistemas no es amplia, podemos citar algunas importantes referencias para la inferencia del estado trófico del agua de este humedal, tomándolo como un sistema acuático lenticó, **Van Dam, 1994**, hace referencia que muchas diatomeas tienen una distribución cosmopolita y condiciones similares en su ecología alrededor del mundo; por ejemplo el género *Nitzschia* presentó 25 especies durante los 4 meses de muestreo, este género está asociado a aguas polucionadas orgánicamente y pobres en oxígeno como menciona **Fernandez, A. 1999**, en su libro de Manual de Diatomeas Peruanas; el género *Navicula* que también presenta 25 especies reportadas, según el anterior autor, este género es de amplia distribución y alcalofíticas, lo que significa que haya una abundancia de dicho género en el humedal ya que el agua presenta un pH entre 7 y 8.

El empleo de las diatomeas como bioindicadoras de contaminación orgánica ha alcanzado amplia difusión por disponerse tanto de metodologías estandarizadas como del suficiente conocimiento de los requerimientos específicos de los grupos representantes en cada grado de polución (**Salusso, 2002**).

Se puede decir que las diatomeas con mayor abundancia podrían reportarse como especies que se adaptaron fácilmente a altos valores de contaminación orgánica y en especial a la presencia de metales, tales como el Arsénico, Boro, entre otros y también a condiciones nada favorables del medio acuático, la mayoría de diatomeas son fácilmente adaptables al medio acuático al que se enfrentan.

La visión integral que nos brindan todos los valores y datos reunidos de la comunidad de diatomeas, nos da a conocer el estado de contaminación orgánica y por metales pesados que presenta este humedal, llegando a la conclusión que nos encontramos frente a aguas fuertemente contaminadas.

Cabe mencionar que en algunos puntos de muestreo del Humedal de Ite se observó algunos individuos del género *Cocconeis* mostrando deformación (**Ver Anexo N° 18**), ya que los demás individuos presentaron una morfología normal, esta deformación podría deber a

ser porque algunos de estos individuos sean un poco más sensibles a algún tipo de contaminante que ocasiona estas anormalidades, sin embargo, es una situación que merece mayor investigación.

## VI. CONCLUSIONES

- Los parámetros fisicoquímicos evaluados tanto *in situ*, como determinados en laboratorio, dieron como resultado en los cuatro meses evaluados, en la presentaron en la mayoría de los casos valores que estaban por encima de lo permitido según la Norma Peruana de Estándares de Calidad del Ambiente para aguas (ECAs), estos parámetros no presentan mucha influencia sobre muchas de las especies de diatomeas, las cuales se en algunos casos se desarrollaron de manera normal.
- La comunidad de diatomeas se encuentra distribuida en 129 especies, 29 familias y 33 géneros que están en distribuidas dentro de 9 órdenes. Las especies más abundantes fueron *Campilodiscus bicostatus* con 11278 individuos, seguido de *Cyclotella cyclopenta* con 10563 individuos y *Cyclotella sp* con 6472 individuos. Con respecto a los géneros con taxones más abundantes fueron *Navícula* y *Nitzschia* con 25 especies cada una.

- Los índices de diversidad demostraron que existe una abundancia de especies presentes en dicho humedal, el índice biológico que se uso fue el Índice Diatómico Genérico (IDG) el cual dio como resultado que el agua del Humedal de Ite presenta una polución fuerte, posiblemente debido a la presencia de materia orgánica proveniente de las fecas del ganado, desechos dejados por la población entre otros.
- La diversidad de diatomeas presentes en el humedal de Ite, se podrían considerar como bioindicadores de contaminación orgánica y por metales pesados, debido a que presentaron una gran cantidad de especies que podrían soportar niveles elevados de contaminación.

## VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar un estudio a mayor profundidad del Humedal de Ite, usando diferentes bioindicadores (fitoplancton, macroinvertebrados, etc.) de calidad del agua, para determinar con mayor certeza el estado actual de dicho ecosistema.
  
- ✓ Se debería de realizar un análisis de la presencia de metales, en la vegetación, sedimento y demás especies que se encuentran en el humedal de Ite, para poder saber con certeza el grado de contaminación de dichos elementos.
  
- ✓ Se recomienda realizar en análisis al tejido animal del ganado, que se alimenta en el humedal de Ite y ver en qué medida los metales se acumulan dentro de su organismo.
  
- ✓ Realizar un estudio para determinar la deformación o teratología de algunos individuos del género *Cocconeis* y *Ephytemia* para así ver a que se debe dicho efecto.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Alba-Tercedor J. (1996).** Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. Memorias IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almeria no. 2: 203-213.
2. **Alegre, E.; Blanco, S.; Castejón, M.; López, R. & Sánchez, L. (2004).** *Segmentación autónoma y extracción de características geométricas en diatomeas.* XXV Jornadas de Automática. Ciudad Real, 8-10 de Septiembre de 2004. España.
3. **Álvarez-Blanco, I. (2008a).** *Análisis de calidad de las aguas de los ríos de la cuenca hidrográfica del Duero utilizando índices diatomológicos.* Tesis de licenciatura. Universidad de León, León, 146 pp.
4. **Álvarez-Blanco, I. (2008b).** *Autoecología de las diatomeas epilíticas de los ríos de la cuenca hidrográfica del Duero.* Trabajo de investigación. Universidad de León, León, 35 pp.
5. **Badylak, S.; Philips, E., Baker, J.; Fajans, P., y Boler, R. (2007).** Distributions of phytoplankton in Tampa bayestuary, U.S.A. 2002 – 2003. Bulletin of Marine Science, 80 (2), 295 - 317.

6. Barra R., Cotrado J., Pacoricona Z., Flores Alexander., Chili Victor., Miranda Abraham & Ayamamani E. (2005). *Evaluación de diversidad de flora silvestre y biomasa vegetal en la bahía de Ite, Tacna- Perú*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
7. Barrenechea, A. (2006). *Aspectos Fisicoquímicos de la Calidad del Agua. Manual*. España. 55pp.
8. Blanco, D. y Carbonell, M. (Eds.) (2001). *El Censo Neotropical de Aves Acuáticas. Los primeros 10 años: 1990-1999*. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina & Ducks Unlimited, Inc. Memphis, USA.
9. Blanco, S., Álvarez, I., Cejudo, C. & Bécares, E. (2010). *Guía de las Diatomeas de la cuenca del Duero*. Confederación Hidrográfica del Duero, España. 210 pp.
10. Canevari, P., Blanco, D. y Bucher, E. (1999). *Los Beneficios de los Humedales de la Argentina. Amenazas y propuestas de soluciones*. Wetlands International. Buenos Aires.

- 11. Chapman, D. (1994).** Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Chapman Hill. London. 626 p.
- 12. CIESE (2006);** *Center of Innovation in Engineering and Science Education, Stevens Institute of Technology.* Libreta de Campo para las Pruebas de las Muestras de Agua. Disponible en: <http://www.k12science.org/curriculum/diproj2/es/fieldbook/index.html> (acceso: 02 de mayo del 2014).
- 13. Ciutti, F. (2005).** *Il monitoraggio dei corsi d'acqua con indicatori algali (diatomee).* Annali dell'Istituto Superiore di Sanità 41: 393-397.
- 14. Coste, M. (1986).** *Les methodes microfloristiques d'evaluation de la qualite des euux.* Cemagref, Bordeaux. 25 pp.
- 15. Davis, T.J., D. Blasco, & M. Carbonel. (1996).** *Manual de la convención de Ramsar. Una guía- a la convención sobre los humedales de importancia internacional.* Convención Ramsar y Ministerio del Medio Ambiente de España.
- 16. De La Lanza, G., De La Lanza, G., Hernández, S., Carbajal, J. L. & Plaza, V. (2000).** Criterios Generales para la Selección de

Bioindicadores. *In* Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). México. p. 17-41.

**17. De La Lanza, G.; Hernández, S. & Carvajal, J. (2000).** Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). México: Editorial Plaza y Valdés, S. A. de C. V.

**18. Descy, J P. Y M. Coste. (1991).** A test of methods for assessing water quality based on diatoms. *Verh. Internat. Yerein. Limnol.*, 24: 21 12 - 21 16.

**19. Descy, J. 1979.** A new approach to wáter quality estimation using Diatoms. *Nova Hedwigia*, Heft 64: 305 - 323.

**20. Díaz, C.; Rondón, C.A. (2004).** Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadoras de condiciones ambientales. *Caldasia* 26(2) 2004: 381-394.

**21. Fernandez, A. (1999).** Manual de las Diatomeas Peruanas. Ed. Hortus Boanicus Truxillense. Trujillo, Perú.

**22. Fore, L.S. Y C. Grafe. (2002).** Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (U.S.A.). *Freshwater Biology* 47, 2015–2037.

- 23. Franco, J., Sulca, L. & Cáceres, C. (2009).** *Contaminación antropogénica de los Humedales Costeros de Ite.*
- 24. Genter, R.B. (1996).** *Ecotoxicology of inorganic chemical stress to algae. In Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems. Edits. R.J. Stevenson, M.L. Bothwell, R. L. Lowe. Academic Press. p. 375-402.*
- 25. Ghosh, M. & Gaur J.P. 1998.** *Current velocity and the establishment of stream algal periphyton communities. Aquatic Botany 60: 1-10.*
- 26. Gold, C., Mazela, A.F., Costeb m. & Boudou A. (2002).** *Field transfer of periphytic diatom communities to assess short-term structural effects of metals (Cd, Zn) in rivers. Water Research 36: 3654–3664.*
- 27. Hynes, H.B. (1970).** *The ecology of running waters. Liverpool University Press. Liverpool, Gran Bretaña, 555 págs.*
- 28. INRENA, (2005).** *Áreas Naturales Protegidas del Perú, Informe Nacional, Lima. 170 pp.*
- 29. Jairo, J.(2000).** *Fitoplacton de Agua Dulce. ED. Universidad de Antioquia, Colombia. 44 – 141.*

- 30. Kelly, M.G., & B.A. Whitton. (1995).** *The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers.* Journal of Applied Phycology. 7, 433–444.
- 31. Leclercq, L. & B. Maquet. (1987).** *Deux nouveaux indices chimique et diatomique de qualite d'eau courante. Application au Samson et a ses affluents. Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocenotiques et diatomiques.* Inst. Roy. Sc. Natur: Belg., Documents de Travail, 38: 113 pp.
- 32. Lecoite, C., Coste M. & Prygiel, P.(2003).** *Omnidia 3.2. Diatom Index Software Including Diatom Database with Taxonomic Names, References and Codes of 11645 Diatom Taxa.*
- 33. Lee, R.E. (1989).** *Phycology.* Cambridge University Press, Cambridge, 645 pp.
- 34. Lobo, E.A., Callegaro, V.L.M. & Bender, E.P. (2002).** *Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadores da qualidade da água em rio e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil.* Editora da UNISC. Santa Cruz do Sul. Edunisc. 127p.
- 35. Loza, S.; Lugioyo, M.; Martínez, M.; Miravet, M.; Montalvo, J., y Sánchez, M. (2007).** *Evaluación de la calidad de las aguas del Golfo*

de Batabanó a partir de indicadores biológicos y químicos. Rev. Invest. Mar, 28 (2), 111 – 120.

**36. Mason, C. (1991).** *Biology of freshwater pollution*. John Willey y Sons. Inc New York.

**37. Mitsch W. y Gosselink J. (2000).** *Wetlands*. John Wiley y Sons, Inc, New York, Third Edition.

**38. Morris, A. & Panty, O.(1999).** *Espacio y Conciencia Geográfica en Tacna*. Tercer Milenio. Tacna, Perú.

**39. Paerl, H. & Huisman, J. (2009).** *Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms*. Environmental Microbiology Reports, 1,27-37pp.

**40. Pan, Y., Stevenson, R.J., Hill, B.H. & A.T. Herlihy. (2000).** *Ecoregions and benthic diatom assemblages in Mid-Atlantic Highlands streams, USA*. J. N. Am. Benthol. Soc. 19, 518–540.

**41. Peterson, C.G. (1996).** *Response of benthic algal communities to natural physical disturbance*. In *Algal ecology*. Freshwater benthic ecosystems. Edits. R.J. Stevenson, M.L. Bothwell, R. L. Lowe. Academic Press. p. 375-402.

- 42. Planas, D. (1996).** *Acidification effects. In Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems.* Edits. R.J. Stevenson, M.L. Bothwell, R. L. Lowe. Academic Press. p. 497-530. Acidification effects. In Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems. Edits. R.J. Stevenson, M.L. Bothwell, R. L. Lowe. Academic Press. p. 497-530.
- 43. Potapova, M. & Charles, D.F. (2007).** *Diatom metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States.* Ecological Indicators 7 (2007) 48–70.
- 44. Pro-Naturaleza. (2010).** Documento base para la elaboración de una estratégica de Conservación de los Humedales de la Costa Peruana. Primera Edición. 56pp.
- 45. Prygiel, J. & Coste, M. (2000).** *Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'indice Biologique Diatomées NFT 90-354. Etude Agences de l'Eau- Cemagref Bordeaux, mars 2000, Agences de l'Eau,* 134 pp.
- 46. Pulido, V. & Tabilo-Valdivieso, E. (2001).** Costas del Perú y Norte de Chile. En: Canevari, P.; Davidson, I.; Blanco, D.; Castro, G. & Bucher, E. (Eds). Los humedales de América del sur. Una agenda para la conservación de la biodiversidad y las políticas de desarrollo.

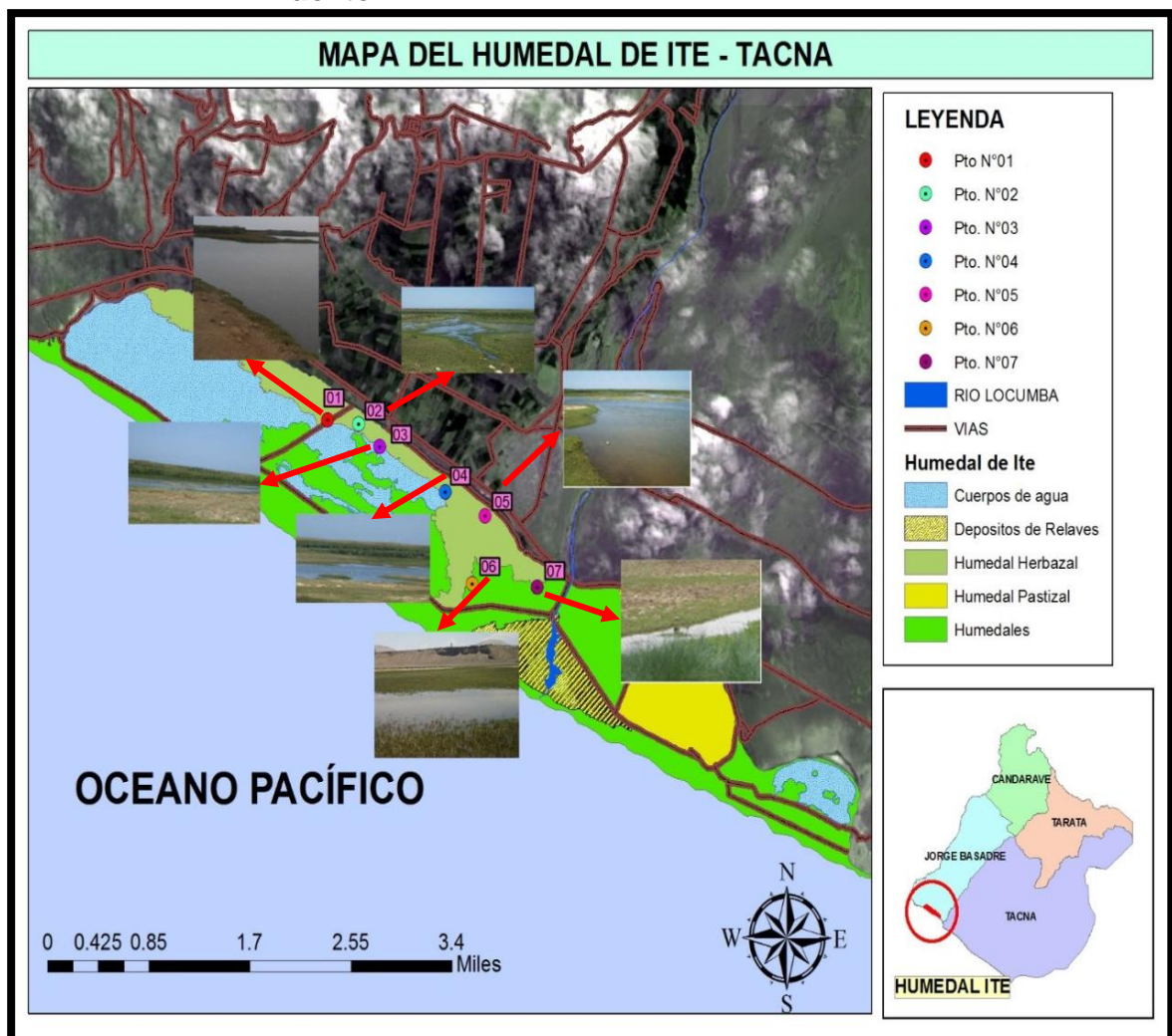
- 47. Ramírez, C. & Plata-Díaz, Y. (2007).** *Diatomeas perifíticas en diferentes tramos de dos sistemas lóticos de alta montaña (Páramo de Santurbán, Norte de Santander, Colombia) y su relación con las variables ambientales. Acta biol. Colomb., Vol. 13 No. 1. 2008: 199-216.*
- 48. Ramsar. 1999.** Programa de Promoción 1999-2002. Propuesta N° 9, Proyecto de Resolución. Ramsar COP7 DOC.15.9.
- 49. Rivas, A.W., Gómez, R.E. & Monterrosa, A.J. (2010).** *Consideraciones generales para el estudio y monitoreo de diatomeas en los principales ríos de El Salvador. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 48 pp.*
- 50. Roldán, G. A. 2003.** *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia. Colombia.*
- 51. Rott, E., P. Pfister, H. Van Dam, E. Pipp, K. Pall, N. Binder Y K. Ortler. (1999).** *Indikationslisten für aufwuchsalgen. Wien. Bundesministerium fuer Land - und Forstwirtschaft. Wien, Austria. 248pp.*

- 52. Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1991).** *The diatoms: Biology and morphology of the genera.* - Cambridge University Press, Cambridge. 213 pp.
- 53. Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1990).** *The diatoms: biology and Morphology of the Genera.* Cambridge University Press, London, 747 pp.
- 54. Sabater, S. (2000).** *Diatom communities as indicators of environmental stress in the Guardamar River, S-W. Spain, following a major mine tailings spill.* Journal of Applied Phycology 12(2):113–24.
- 55. Sánchez Vélez, A. & García Núñez, A.M. (1999).** *Biomonitoreo de ríos en la gestión de cuencas; una aproximación introductoria.* In IX Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 4. Culiacán, Sinaloa, México, 27-29 de Octubre de 1999. Artículo: ANEI-S49907. 9p.
- 56. Sladeczek, V. (1986).** *Diatoms as indicators of organic pollution.* Acta Hydrochimica et Hydrobiologica, 14 (5): 555 - 566.
- 57. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (2005).** APHA. AWWA. WEF, 21th edition.
- 58. Stevenson, R.J.; Bothwell, M.L. & Lowe, R.L. (1996).** *Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems.* Academic Press. 753pp.

- 59. Streble, H. & Krauter, D. (1987).** *Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce*. Omega, Barcelona, 337 pp.
- 60. Tapia, M. (2007).** Variabilidad temporal del fitoplancton en áreas costeras del mar ecuatoriano y su interrelación con el evento La Niña 1999-2000, Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 14(1), 37-48.
- 61. Van Den Hoek, C., Mann, D.G. & Jahns, H.M. (1995).** *Algae: an Introduction to Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge, 623 pp.
- 62. Watanabe, T., Asai, K., Houki, A., Tanaka, S. & Hizuka, T. (1986).** *Saprophilous and eury saprobic diatom taxa to organic water pollution and Diatom Assemblage Index (DAI<sub>po</sub>)*. *Diatom*, 2, 23–73.
- 63. Weilhoefer, C.L & Y. Pan. (2007).** *Relationships between diatoms and environmental variables in wetlands in the willamette Valley, Oregon, USA*. *Wetlands*. 27: No. 3.
- 64. Zegarra, R. (1995).** *Vegetación pantanosa de Ite*. *Ciencia & Desarrollo UNJBG* 1: 12-15.

## IX. ANEXOS

### Anexo N°1. Ubicación de los puntos de muestreo en el humedal de Ite



FUENTE: Elaboración propia

Anexo N° 2. Determinación de fósforo en agua

**METODO DEL ÁCIDO ASCORBICO**



**PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

**2.5 ml de la muestra**

**4 ml del Reactivo Combinado**

**Aforar con agua destilada**

**Esperar 10 min**

**Realizar la lectura antes de los 30 min.**

**Medir la absorbancia de cada muestra a 880 nm**

50 ml de Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ )5N  
+  
5ml de Solución de Tartato antimolinico potásico  
+  
15 ml de Solución de molibdato amónico  
+  
30 ml de Solución de Ácido Ascórbico

Matraz de aforo de 25 ml



Continúa...

Anexo N° 2. Determinación de fósforo en agua. (Continuación)

**PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN**



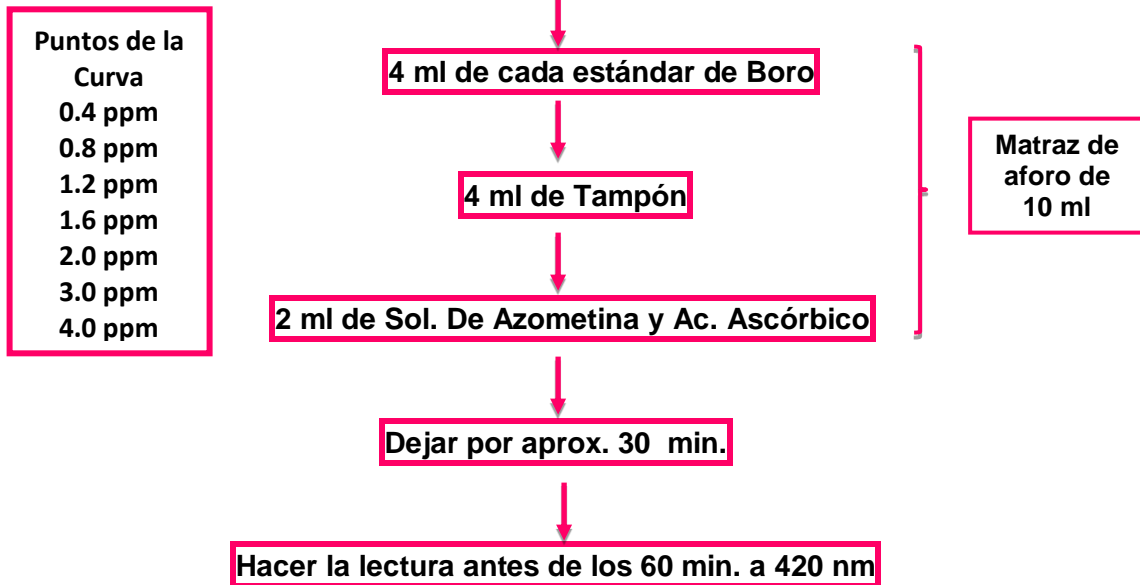
Blanco	0.15	0.3	0.5	0.7	1.0	1.3	Certipur
--------	------	-----	-----	-----	-----	-----	----------

**Realizar el procedimiento anterior para cada punto de la curva**

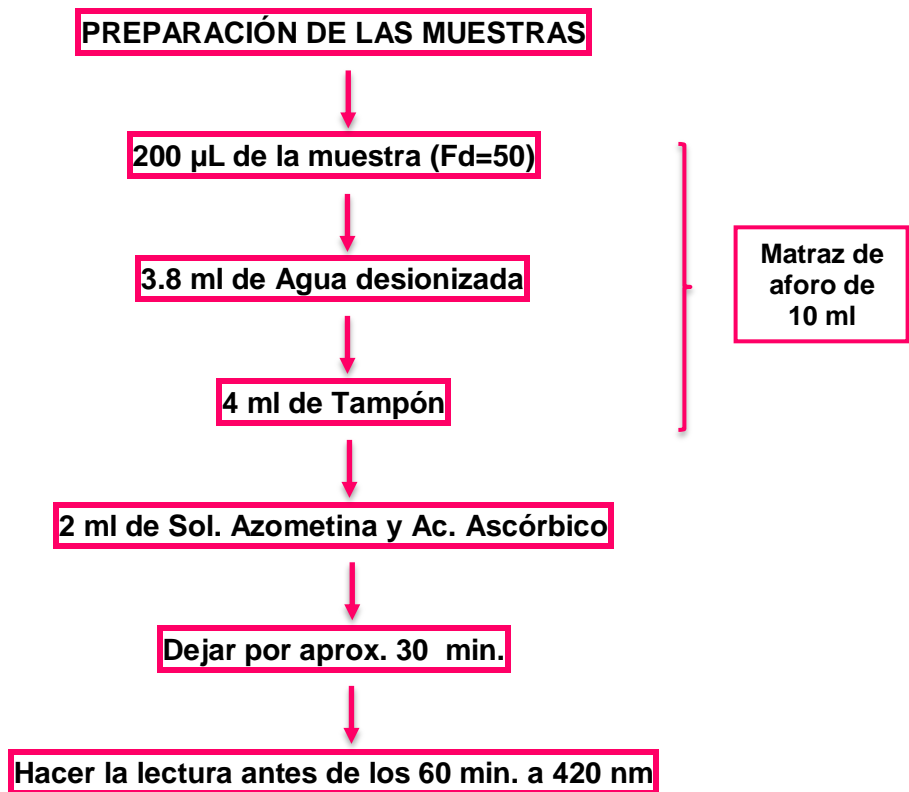
Anexo N° 3. Determinación de boro en Agua

**METODO DE LA AZOMETINA-H**

**PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN DE BORO**



Anexo N° 3. Determinación de boro en Agua. (Continuación)



## Anexo N° 4. Determinación de Nitrato en agua

### MÉTODO DEL ELECTRODO ESPECÍFICO

Realizar la lectura de la curva analítica

Estándares  
Blanco  
1,0 ppm  
10 ppm  
20 ppm  
30 ppm  
40 ppm  
50 ppm

La lectura esta expresado en nitrato como nitrógeno

### PREPARACION DE LAS MUESTRAS

25 ml de muestra de agua

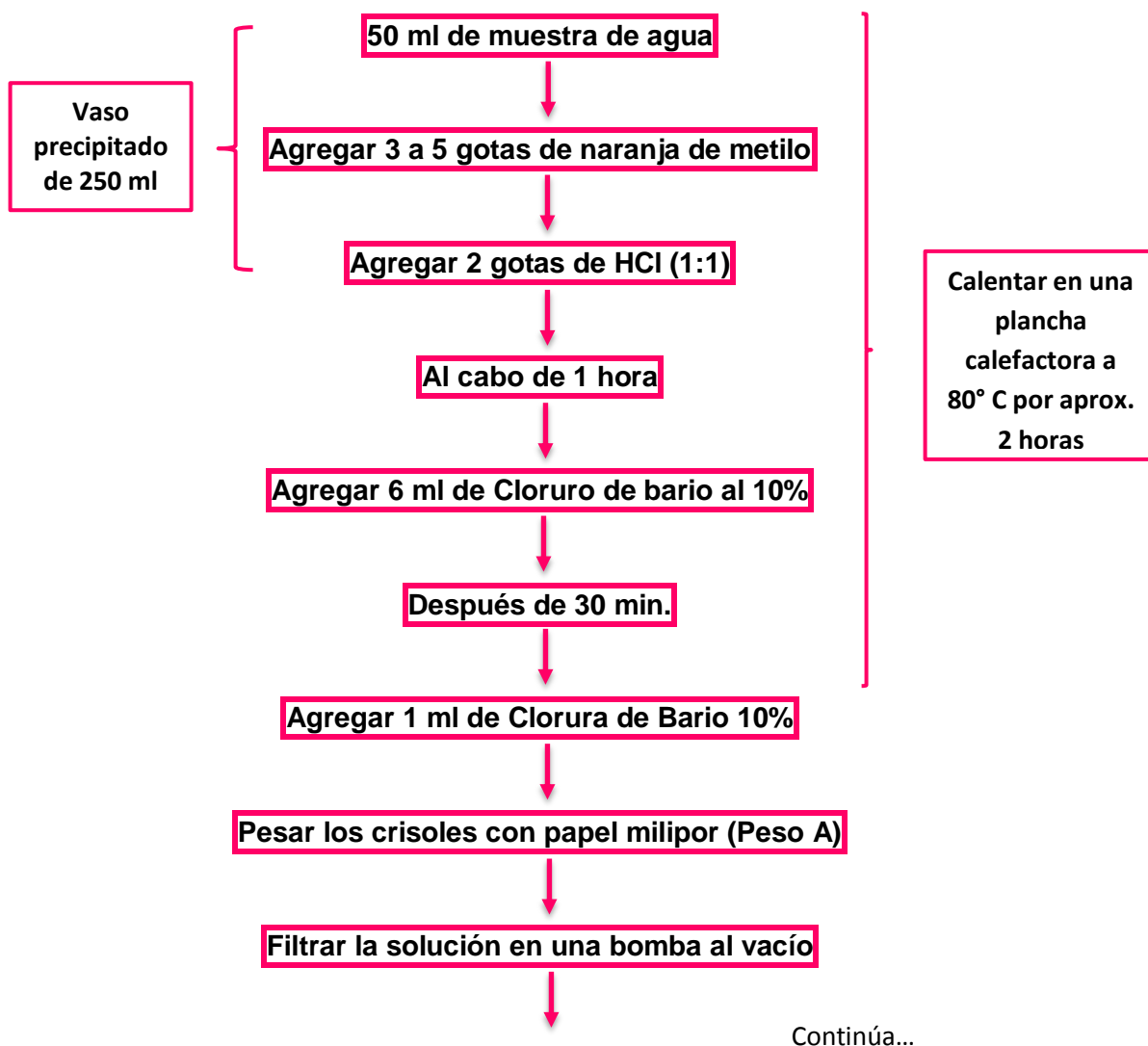
500  $\mu$ L de ISA

Envase de 25 ml

Agitar bien y realizar la lectura con el electrodo de Ion Nitrato

Anexo N°5. Determinación de sulfatos en agua.

**MÉTODO GRAVIMETRICO CON SECADO DE RESIDUOS**



**Anexo N°5. Determinación de sulfatos en agua. (Continuación)**

**Llevar el crisol a la estufa a 105° C x 2 horas**



**Llevar los crisoles a la desecadora hasta enfriar**



**Pesar los crisoles desecados (Peso B)**

Anexo N°6. Determinación de cloruro en agua.

**MÉTODO ARGENTOMÉTRICO**

Tomar un alícuota de 10 ml de la muestra de agua



Agregar 1 ml de solución indicadora ( $K_2CrO_4$  al 5%)



Titular con Nitrato de Plata hasta el viraje de color

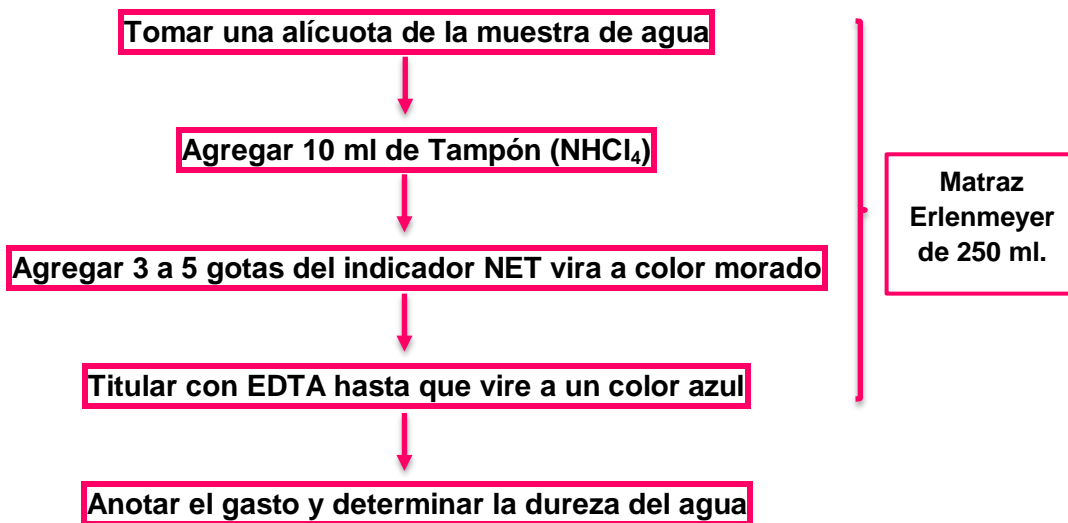


Anotar el gasto del nitrato de plata

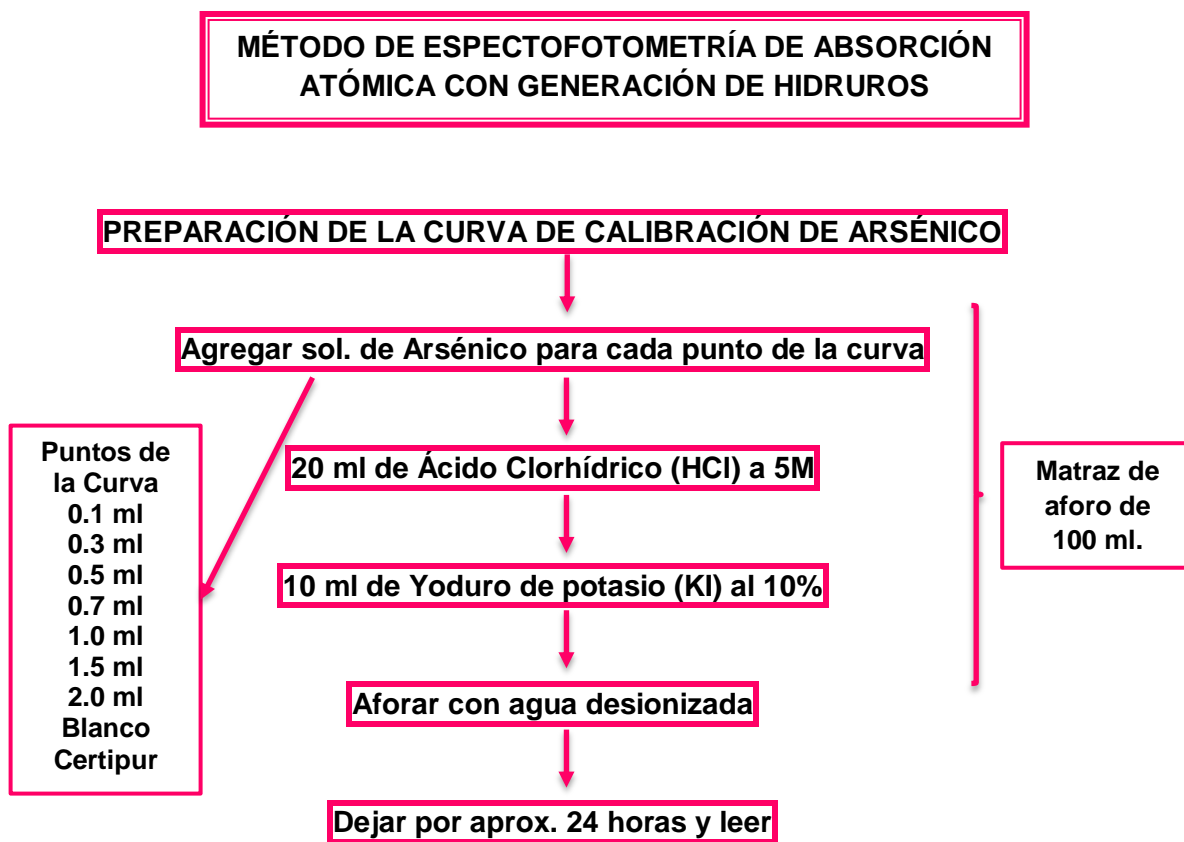
Matraz  
Erlenmeyer  
de 250 ml.

Anexo N°7. Determinación de dureza en agua.

**ANÁLISIS DE DUREZA POR TITULACIÓN CON EDTA**



Anexo N°8. Determinación de arsénico en aguas.



Continúa...

**Anexo N°8. Determinación de arsénico en aguas (Continuación)**

**PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN DE ARSÉNICO**

**Agregar la muestra de agua según su Fd**

**20 ml de Ácido Clorhídrico (HCl) a 5M**

**10 ml de Yoduro de potasio (KI) al 10%**

**Aforar con agua desionizada**

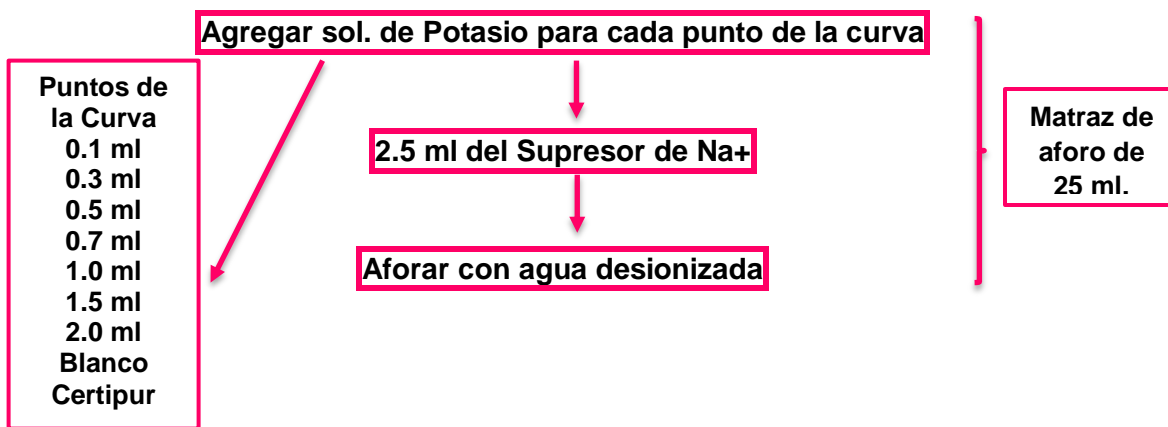
**Dejar por aprox. 24 horas y leer**

**Matraz de  
aforo de  
100 ml.**

## Anexo N°9. Determinación de potasio en agua.

### MÉTODO DE ESPECTOFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

#### PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN DE POTASIO



#### PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN DE POTASIO

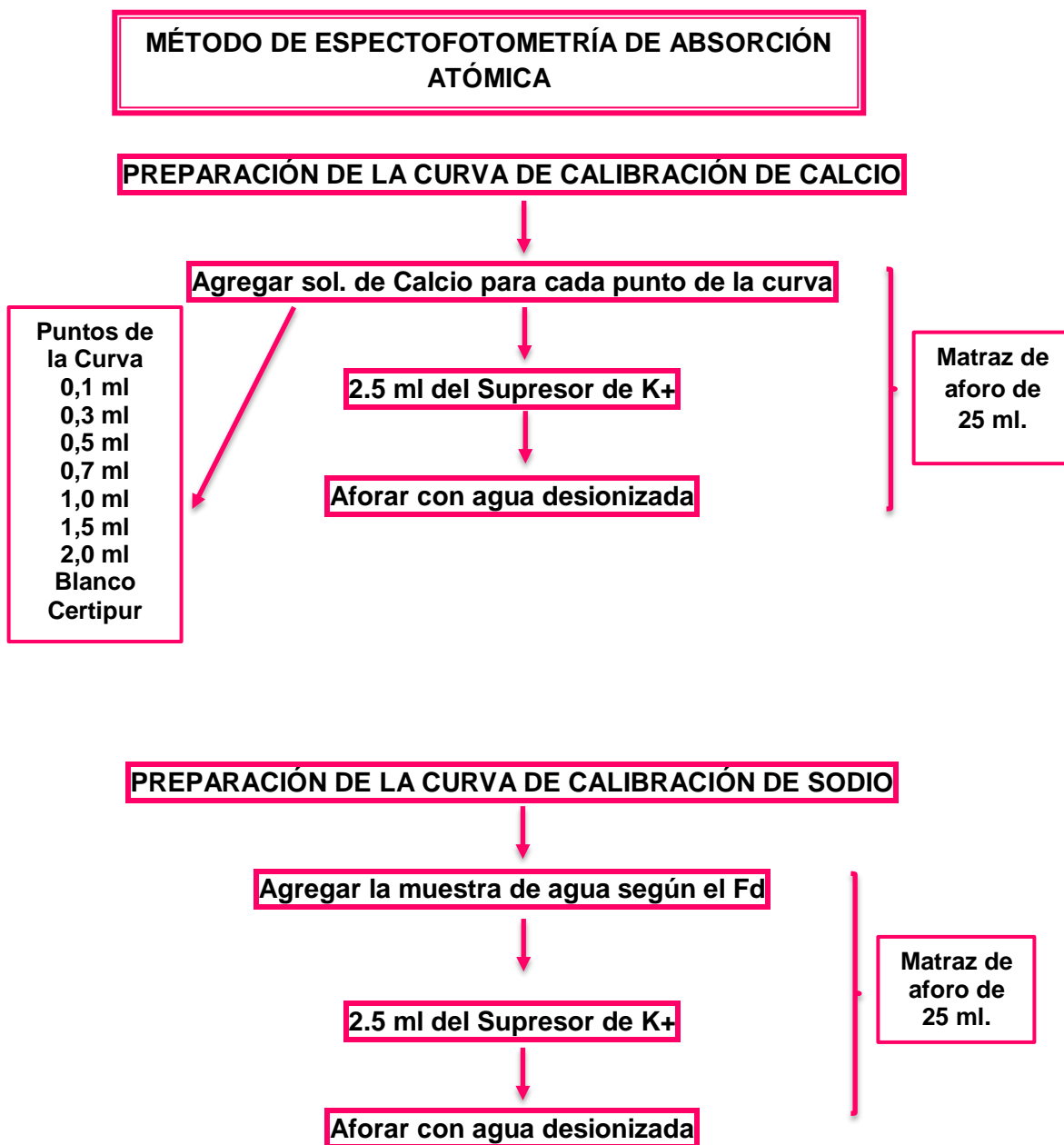
Agregar la muestra de agua según el Fd

2.5 ml del Supresor de Na<sup>+</sup>

Aforar con agua desionizada

Matraz de aforo de 25 ml.

Anexo N°10. Determinación de calcio en agua.



**Anexo N°11. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua – categoría 3: bebidas de animales “I”.**

PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
<b>FISICOQUÍMICOS</b>		
Conductividad Eléctrica	( $\mu$ S/cm)	$\leq 5000$
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	$\leq 15$
Demanda química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruro	mg/L	2
Nitratos-(NO <sub>3</sub> – N)	mg/L	50
Nitritos-(NO <sub>2</sub> – N)	mg/L	1
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 5
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	500
Sulfuros	mg/L	0,05
<b>INORGÁNICOS</b>		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,1
Berilio	mg/L	0,1
Boro	mg/L	5
Cadmio	mg/L	0,01
Cianuro WAD	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	1
Cobre	mg/L	0,5
Cromo (6+)	mg/L	1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	24

**FUENTE:** DS N° 002 – 2008 – MINAM, (estándares nacionales de Calidad Ambiental para agua Categorías 1, 2, 3 y 4).

**Anexo N°12. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua –categoría 4: conservación del ambiente acuático.**

PARAMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FISICOS Y QUIMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de partículas visibles	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímicas de Oxígeno (DBO <sub>2</sub> )	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					Delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5		6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25 - 100	30,000
<b>INORGÁNICOS</b>						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0 – 1
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	.....
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,02	0,02	.....
Clorofila A	mg/L	10	.....	.....	.....	.....
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fósforo Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales		Ausente			Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	5	10	10	10	0,07 – 0,28
<b>INORGÁNICOS</b>						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		.....	.....
Niquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	.....	.....	.....	.....	0,14 – 0,7
Sulfuro de Hidrogeno (H <sub>2</sub> S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081

**FUENTE:** DS N° 002 – 2008 – MINAM, (estándares nacionales de Calidad Ambiental para agua Categorías 1, 2, 3 y 4).

**Anexo N°13. Parámetros fisicoquímicos del agua del humedal de Ite medidos en terreno (*in situ*).**

	Código muestra	Ubicación Geográfica	Oxígeno Disuelto (ppm)	pH	Temp. (°C)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Sólidos Totales Disueltos (mg/l)	Turbiedad (NTU)
09/12/2013	MAS-0013-1	19K 0292572 8019032	3,89	7,00	18,41	8486	4238	3,92
	MAS-0013-2	19K 0291295 8018975	8,75	6,83	17,57	5896	2945	2,13
	MAS-0013-3	19K 0291557 8019808	5,58	7,00	17,48	7817	3905	19,78
	MAS-0013-4	19K 0291065 8020111	5,64	7,34	16,98	7467	3729	5,54
	MAS-0013-5	19K 0290151 8020656	9,04	7,29	16,48	4973	2484	84,93
	MAS-0013-6	19K 0290048 8020762	8,64	7,91	31,37	5089	2547	23,93
	MAS-0013-7	19K 0289409 8020848	10,66	7,91	27,82	2469	1216	9,79
14/01/2014	MAS-0014-8	19K 0292572 8019032	5,63	8,78	29,59	2987	1193	37,98
	MAS-0014-9	19K 0291295 8018975	5,45	7,97	32,42	7899	3945	1,16
	MAS-0014-10	19K 0291557 8019808	3,58	7,45	25,13	3888	1942	0,40
	MAS-0014-11	19K 0291065 8020111	1,02	7,20	26,86	7872	3921	28,91
	MAS-0014-12	19K 0290151 8020656	5,74	7,09	24,91	7110	3554	215,20
	MAS-0014-13	19K 0290048 8020762	7,67	7,67	27,95	6719	3355	109,20
	MAS-0014-14	19K 0289409 8020848	6,43	7,45	25,69	7802	3892	3,46
01/02/2014	MAS-0014-15	19K 0292572 8019032	3,44	8,57	23,06	8493	4250	48,67
	MAS-0014-16	19K 0291295 8018975	4,29	7,77	23,4	7111	3552	2,37

	Código muestra	Ubicación Geográfica	Oxígeno Disuelto (ppm)	pH	Temp. (°C)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Sólidos Totales Disueltos (mg/l)	Turbiedad (NTU)
06/03/2014	MAS-0014-17	19K 0291557 8019808	3,84	7,32	23,1	8056	4023	1,92
	MAS-0014-18	19K 0291065 8020111	4,78	8,00	22,92	2458	1229	14,29
	MAS-0014-19	19K 0290151 8020656	3,82	7,62	22,95	6559	3279	295,70
	MAS-0014-20	19K 0290048 8020762	2,56	7,53	23,24	9093	4542	68,70
	MAS-0014-21	19K 0289409 8020848	4,66	7,85	22,78	2479	1238	1,46
	MAS-0014-22	19K 0292572 8019032	13,23	7,96	25,77	8201	4095	4,36
	MAS-0014-23	19K 0291295 8018975	13,40	8,40	26,85	6865	3426	2,44
	MAS-0014-24	19K 0291557 8019808	8,26	7,64	25,29	7761	3876	4,38
	MAS-0014-25	19K 0291065 8020111	3,55	7,64	24,98	7731	3850	147,90
	MAS-0014-26	19K 0290151 8020656	6,06	8,25	26,93	3534	1765	14,48
	MAS-0014-27	19K 0290048 8020762	9,50	8,31	32,95	5200	2607	5,96
MAS-0014-28	19K 0289409 8020848	8,59	8,36	29,61	2359	1176	0,85	

Fuente: Datos procesados en el Laboratorio de Investigaciones Medioambientales de Zonas Áridas (LIMZA), Arica – Chile,

**Anexo N°14. Parámetros fisicoquímicos del agua del humedal de Ite analizados en laboratorio.**

**PARTE I**

	<b>CÓDIGO MUESTRA</b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N (mg/L)</b>	<b>Cloruros (mg/L)</b>	<b>Dureza Total (mg/L)</b>	<b>Color Verdadero (Pt-Co)</b>	<b>Sulfatos (mg/L)</b>	<b>Fosforo (mg/L)</b>	<b>Boro (mg/L)</b>	<b>Arsénico (mg/L)</b>
<b>09/12/2013</b>	MAS-0013-1	27,38	1738	2085,66	6,33	1934,7	0,21	42,5	0,88
	MAS-0013-2	18,10	1086,73	2085,66	2,67	1429,01	< 0,15	35,0	0,32
	MAS-0013-3	27,27	1666,31	1877,10	3,00	1662,98	< 0,15	37,5	1,57
	MAS-0013-4	22,03	1666,31	1459,97	5,67	1407,09	0,22	38,0	0,34
	MAS-0013-5	12,92	1014,28	2502,80	2,67	1054,82	0,23	33,5	2,06
	MAS-0013-6	8,77	941,83	2294,23	13,67	1062,9	< 0,15	34,0	0,43
	MAS-0013-7	2,88	470,91	1668,53	65,00	469,66	< 0,15	28,0	0,64
<b>14/01/2014</b>	MAS-0014-8	27,07	1376,52	1251,40	10,58	1899,01	0,20	34,3	0,87
	MAS-0014-9	23,12	1014,28	1668,53	5,84	1636,1	0,23	28,6	0,9
	MAS-0014-10	28,01	1340,3	1042,83	2,42	1655,56	0,23	29,7	1,11
	MAS-0014-11	29,23	1919,88	1042,83	8,21	1443,11	0,23	27,4	1,67
	MAS-0014-12	10,60	1267,85	834,27	5,84	1257,54	0,37	26,1	2,71
	MAS-0014-13	12,10	1919,88	1459,97	21,89	1756,63	0,23	46,0	0,86
	MAS-0014-14	4,39	470,91	834,27	5,84	442,95	0,17	24,3	0,97
<b>01/02/2014</b>	MAS-0014-15	28,32	1666,31	1668,53	10,24	1897,85	0,20	38,6	1,66
	MAS-0014-16	22,32	1267,85	1877,10	6,29	1731,49	0,20	40,7	1,8
	MAS-0014-17	32,04	1593,86	1251,40	2,34	1592,99	0,24	31	0,44
	MAS-0014-18	29,81	1774,99	1042,83	4,97	1373,62	0,52	30,9	0,31
	MAS-0014-19	26,68	1267,85	1042,83	6,55	1304,53	0,32	30,1	2,55

	CÓDIGO MUESTRA	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Color Verdadero (Pt-Co)	Sulfatos (mg/L)	Fosforo (mg/L)	Boro (mg/L)	Arsénico (mg/L)
	MAS-0014-20	17,59	1956,11	1459,97	29,71	1844,35	0,16	60,7	0,63
	MAS-0014-21	4,72	470,91	1251,40	7,08	465,46	0,39	22,6	1,4
06/03/2014	MAS-0014-22	12,29	1956,11	2294,23	6,92	1837,51	< 0,15	42,3	0,11
	MAS-0014-23	9,28	17,02	1668,53	6,39	1741,05	0,20	41,7	0,12
	MAS-0014-24	15,10	2028,56	1877,10	1,92	1644,93	1,20	36,6	0,21
	MAS-0014-25	11,44	2463,25	1251,40	10,08	1463,8	0,23	36,2	0,31
	MAS-0014-26	8,42	1630,09	1459,97	4,03	1254,82	0,25	36,4	0,30
	MAS-0014-27	2,76	1485,19	2085,67	35,34	1243,94	< 0,15	62,6	0,1
	MAS-0014-28	1,07	1340,3	1459,97	5,61	491,67	< 0,15	27,6	0,11

Fuente: Datos procesados en el Laboratorio de Investigaciones Medioambientales de Zonas Áridas (LIMZA), Arica – Chile.

## PARTE II

	Código muestra	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Cinc (mg/L)	Sodio (mg/L)	Potasio (mg/L)
09/12/2013	MAS-0013-1	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1784,3	157,5
	MAS-0013-2	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1733,9	458,8
	MAS-0013-3	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1512,5	149,1
	MAS-0013-4	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1679,3	156,0
	MAS-0013-5	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1271,0	150,2
	MAS-0013-6	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1032,3	182,5
	MAS-0013-7	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	608,5	137,1
14/01/2014	MAS-0014-8	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1880,6	187,6

	Código muestra	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Cinc (mg/L)	Sodio (mg/L)	Potasio (mg/L)
	MAS-0014-9	0,043	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1534,9	152,7
	MAS-0014-10	0,053	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1432,9	165,3
	MAS-0014-11	0,037	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1765,8	174,2
	MAS-0014-12	0,034	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1710,2	135,2
	MAS-0014-13	0,046	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1651,8	272,5
	MAS-0014-14	0,043	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	584,0	138,8
01/02/2014	MAS-0014-15	0,062	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1720,8	159,7
	MAS-0014-16	0,055	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1575,6	175,8
	MAS-0014-17	0,051	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1665,1	172,3
	MAS-0014-18	0,068	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1879,3	160,8
	MAS-0014-19	0,072	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	632,9	127,8
	MAS-0014-20	0,074	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1824,0	249,7
	MAS-0014-21	0,076	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1430,8	157,1
06/03/2014	MAS-0014-22	0,026	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1961,0	171,3
	MAS-0014-23	0,037	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1967,2	150,4
	MAS-0014-24	0,075	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1727,8	171,0
	MAS-0014-25	0,058	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1777,5	158,4
	MAS-0014-26	0,056	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1720,2	131,3
	MAS-0014-27	0,036	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1103,6	253,6
	MAS-0014-28	0,032	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	777,5	138,0

Fuente: Datos procesados en el Laboratorio de Investigaciones Medioambientales de Zonas Áridas (LIMZA), Arica – Chile.

**Anexo N°15. Cuantificación de las especies de diatomeas por punto de muestreo – diciembre y enero.**

Especies/ml	Diciembre							Enero						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Achnanthes inflata</i>	0	0	0	0	9	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes longipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	12	0	22	15	20	0	0
<i>Achnanthes sp1</i>	7	430	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	59
<i>Amphora montana</i>	0	0	0	0	13	225	0	0	0	0	25	0	0	0
<i>Amphora oligotrappenta</i>	6	23	0	0	17	168	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora sp1</i>	0	0	13	0	0	0	0	1269	0	15	11	21	0	0
<i>Caloneis eregonia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
<i>Campilodiscus bicostatus</i>	16	0	78	776	424	28	0	1200	18	0	800	750	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	15	0	0	23	5	21	15	0	0	22	12	20	29	0
<i>Cocconeis sp1</i>	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
<i>Craticula ambigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	11	0	8	0
<i>Craticula cuspidata</i>	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Craticula halophila</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
<i>Cyclotella cyclopenta</i>	1210	1000	0	0	0	516	0	0	1512	260	20	1500	12	0
<i>Cyclotella sp1</i>	0	0	0	10	33	3900	0	1000	0	0	0	150	0	0
<i>Cymbella cymbiformis</i>	5	0	0	0	0	11	0	0	0	12	0	20	0	0
<i>Cymbella minuta</i>	5	0	0	11	0	15	0	0	0	16	0	15	0	0
<i>Cymbella naviculiformis</i>	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Cymbella silesiaca</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella subaequalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0
<i>Denticula sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	8	0	10	0	0	5	0
<i>Diatoma sp1</i>	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diatoma vulgare</i>	14	0	0	0	0	0	7	0	0	1162	0	650	18	167
<i>Diploneis ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	16	0	16
<i>Encyonema gracile</i>	12	17	16	16	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0
<i>Encyonema gracilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
<i>Encyonema sp1</i>	5	14	0	0	9	0	0	9	0	9	0	0	0	0
<i>Entomoneis alata</i>	0	0	9	0	23	0	0	15	0	0	13	0	9	0
<i>Ephitemia adnata</i>	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7	0
<i>Ephitemia argus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
<i>Epithemia turgida</i>	0	0	0	0	0	0	1267	0	0	17	0	0	0	0
<i>Eunotia curvata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Especies/ml	Diciembre							Enero						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Eunotia flexuosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria sp1</i>	20	0	0	50	0	0	13	0	10	0	50	650	0	0
<i>Frustulia franguelii</i>	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Frustulia saxonica</i>	0	0	0	0	0	0	0	24	7	18	13	0	18	0
<i>Gomphonema affine</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema clavatum</i>	0	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema olivacium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0	0	5	0	0	0	20	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema rhombicum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp1</i>	10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	0	0	0	528	347	11	23	17	0	0	360	0	0	0
<i>Gyrosigma elongatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
<i>Hantzschia virgata</i>	0	0	0	14	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mastogloia elliptica</i>	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mastogloia smithii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mastogloia sp1</i>	0	0	0	24	10	0	13	0	0	0	24	0	0	0
<i>Melosira moniliformes</i>	0	0	0	0	0	1524	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira sp1</i>	14	318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	1400	0	19	0	0	0	0
<i>Navicula angusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	100	0	0
<i>Navicula arvensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	14
<i>Navicula concentrica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	11	0	0	14	0	0	0	420	11	0	24	615	13	18
<i>Navicula cuspidata</i>	27	12	0	0	0	0	0	0	0	0	9	270	7	22
<i>Navicula decussis</i>	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula digitoradiata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0
<i>Navicula exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula gregaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula lanceolata</i>	0	0	11	0	0	5	0	16	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula libonensis</i>	0	0	0	18	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0
<i>Navicula mutica</i>	0	0	19	16	0	0	21	16	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula novaesiberica</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	16
<i>Navicula oligotraphenta</i>	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula oppugnata</i>	0	11	419	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula precens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0
<i>Navicula radiosa</i>	0	0	1500	0	0	0	0	0	7	16	0	13	0	25

Especies/ml	Diciembre							Enero						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Navicula radiosafallax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0
<i>Navicula salinarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	11	0	0	0
<i>Navicula schroeteri</i>	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11
<i>Navicula striolata</i>	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula subtilisima</i>	0	0	0	22	14	0	6	0	0	0	0	19	0	0
<i>Navicula trivialis</i>	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
<i>Navicula viridula</i>	5	0	0	0	10	0	14	20	0	0	0	19	16	16
<i>Neidium iridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	12
<i>Neidium sp1</i>	0	0	27	21	16	0	21	0	7	9	0	0	0	0
<i>Nitzschia vermicularis</i>	0	159	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Nitzschia acidoclinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0
<i>Nitzschia angustata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0
<i>Nitzschia archibaldri</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia calida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0
<i>Nitzschia clausii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia constricta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	14	15
<i>Nitzschia denticula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0
<i>Nitzschia flexa</i>	0	0	0	0	14	0	12	16	0	0	0	0	12	0
<i>Nitzschia fruticosa</i>	0	14	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia heufferiana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Nitzschia hamburgiensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia hungarica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
<i>Nitzschia linearis</i>	9	6	0	0	0	0	0	28	7	0	0	0	6	0
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	11	0	0	0
<i>Nitzschia lorenziana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	26	0
<i>Nitzschia paleaeformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia pusilla</i>	0	0	0	0	0	13	0	0	0	10	0	0	0	16
<i>Nitzschia recta</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	27	0	6	0
<i>Nitzschia scalaris</i>	0	0	40	178	19	13	0	0	11	0	31	25	21	0
<i>Nitzschia sigma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
<i>Nitzschia sp1</i>	0	21	0	19	12	11	15	0	0	0	0	0	12	0
<i>Nitzschia sp2</i>	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia terrestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia umbonata</i>	0	0	0	0	9	0	18	0	8	0	0	0	15	0
<i>Pinnularia gibba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia lata</i>	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia sp1</i>	0	13	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
<i>Pinnularia viridis</i>	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Especies/ml	Diciembre							Enero						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Plagiatrofis lepidoptera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma elongatum</i>	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhopalodia gibba</i>	0	27	0	0	11	0	429	17	7	0	8	0	9	0
<i>Rhopalodia musculus</i>	0	13	131	0	24	0	0	0	0	0	0	0	23	0
<i>Stauroneis sp1</i>	0	0	10	0	8	26	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stephanodiscus sp1</i>	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella brebissonii</i>	0	15	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella ovalis</i>	0	0	0	0	35	0	0	0	10	0	0	0	0	0
<i>Surirella ovata</i>	0	16	0	0	0	0	423	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella tenicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra fasciculata</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra gaulardii</i>	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0
<i>Synedra radians</i>	0	10	15	0	26	0	183	21	0	0	12	0	0	9
<i>Synedra ulna</i>	16	750	13	0	23	0	428	1025	18	12	0	19	0	0

Fuente: Datos procesados en el Laboratorio de Botánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.

**Anexo N°16. Cuantificación de las especies de diatomeas por punto de muestreo – febrero y marzo.**

Especies/ml	Febrero							Marzo						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Achnanthes inflata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	0	0	0	0	0	12	7	0	0	0	11	0	0
<i>Achnanthes longipes</i>	10	14	11	112	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0
<i>Achnanthes sp1</i>	0	0	14	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0
<i>Amphora montana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora oligotraphenta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
<i>Amphora sp1</i>	420	0	17	0	0	0	0	23	13	0	22	22	20	0
<i>Caloneis eregonia</i>	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Campilodiscus bicostatus</i>	700	150	12	100	1050	0	20	414	915	3200	616	11	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	0	0	30	150	0	0	23	0	0	0	0	18	0	0
<i>Cocconeis sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0
<i>Craticula ambigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
<i>Craticula cuspidata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0	0
<i>Craticula halophila</i>	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	16	0	0
<i>Cyclotella cyclopenta</i>	19	1500	14	300	1200	0	0	0	0	0	0	1500	0	0
<i>Cyclotella sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	20	1216	100	29	0	0	14
<i>Cymbella cymbiformis</i>	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0
<i>Cymbella minuta</i>	0	0	117	0	13	0	0	8	15	0	16	0	0	6
<i>Cymbella naviculiformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0
<i>Cymbella silesiaca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella sp1</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0
<i>Cymbella subaequalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Denticula sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diatoma sp1</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diatoma vulgare</i>	0	0	0	0	900	0	0	0	14	0	0	0	0	0
<i>Diploneis ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	7	0	10	0	0	12	0	13
<i>Encyonema gracile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Especies/ml	Febrero							Marzo						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Encyonema gracilis</i>	0	0	0	0	14	0	7	0	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema sp1</i>	320	16	0	0	0	0	0	7	11	0	22	15	10	0
<i>Entomoneis alata</i>	14	0	0	0	0	0	0	10	15	0	22	0	0	293
<i>Ephitemia adnata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephitemia argus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia turgida</i>	0	0	0	0	11	240	7	0	0	0	0	0	0	31
<i>Eunotia curvata</i>	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eunotia exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0
<i>Eunotia flexuosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria sp1</i>	0	14	0	0	60	0	8	14	400	0	150	100	0	0
<i>Frustulia franguellii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0
<i>Frustulia saxonica</i>	18	0	0	0	0	40	10	11	0	10	13	11	0	27
<i>Gomphonema affine</i>	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema clavatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema olivacium</i>	0	11	0	0	0	0	0	10	5	0	0	14	0	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	0	0	0	0	0	0	7	17	0	0	0	0	0	11
<i>Gomphonema rhombicum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
<i>Gomphonema sp2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	12	6	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	21	0	0	0	0	0	0	13	21	17	14	0	0	0
<i>Gyrosigma elongatum</i>	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	0	0	0	18	0	0	0	0	18	0	0	0	0
<i>Hantzschia virgata</i>	0	0	0	0	0	9	12	11	8	0	23	0	0	0
<i>Mastogloia elliptica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mastogloia smithii</i>	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0
<i>Mastogloia sp1</i>	16	0	0	0	13	18	0	0	0	0	0	13	0	0
<i>Melosira moniliformes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira sp1</i>	0	0	500	0	0	0	0	671	0	27	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i>	1600	0	750	0	240	18	0	16	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula angusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8	0

Especies/ml	Febrero							Marzo						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Navicula arvensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula concentrica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	16	0	0	27	8	0	14	10	925	22	0	18	0	16
<i>Navicula cuspidata</i>	0	0	0	0	450	0	0	0	16	0	0	16	0	0
<i>Navicula decussis</i>	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula digitoradiata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula exigua</i>	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula gregaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0
<i>Navicula lanceolata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
<i>Navicula libonensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula mutica</i>	0	0	0	0	19	0	90	0	10	0	0	0	0	26
<i>Navicula novaesiberica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula oligotraphenta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0
<i>Navicula oppugnata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0
<i>Navicula precens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula radiosa</i>	15	16	0	21	13	0	0	12	0	0	0	18	0	19
<i>Navicula radiosafallax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula salinarum</i>	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula schroeteri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula sp1</i>	0	8	15	0	0	0	0	0	0	0	0	21	18	5
<i>Navicula striolata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula subtilisima</i>	0	0	0	20	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula trivialis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0
<i>Navicula viridula</i>	0	0	0	21	17	0	0	8	624	0	0	15	18	15
<i>Neidium iridis</i>	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neidium sp1</i>	0	0	0	0	11	300	0	8	0	13	15	0	6	11
<i>Nitzschia vermicularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0
<i>Nitzschia acidoclinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia angustata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia archibaldri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia calida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Especies/ml	Febrero							Marzo						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Nitzschia clausii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0
<i>Nitzschia constricta</i>	0	18	0	0	0	13	110	12	0	0	0	0	0	17
<i>Nitzschia denticula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia flexa</i>	0	0	0	0	0	27	0	19	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia fruticosa</i>	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	22	6	0	0
<i>Nitzschia heufleriana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	16	0	0	0
<i>Nitzschia humbergiensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
<i>Nitzschia hungarica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia linearis</i>	11	0	0	17	15	17	0	0	0	0	21	0	0	0
<i>Nitzschia longissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia lorenziana</i>	0	0	0	0	0	40	0	49	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia paleaeformis</i>	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia pusilla</i>	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia recta</i>	0	0	18	19	17	0	13	11	0	0	21	18	0	0
<i>Nitzschia scalaris</i>	0	0	0	28	21	0	0	0	27	0	150	0	0	0
<i>Nitzschia sigma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia sp1</i>	7	0	0	0	0	15	0	15	0	14	0	0	17	0
<i>Nitzschia sp2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia terrestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	8
<i>Nitzschia umbonata</i>	10	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	15	0
<i>Pinnularia gibba</i>	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia lata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia viridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0
<i>Plagiatrofis lepidoptera</i>	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma elongatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	150	9	0	0
<i>Rhopalodia gibba</i>	0	18	0	0	12	9	0	0	16	0	16	20	0	14
<i>Rhopalodia musculus</i>	0	11	0	0	150	90	9	0	0	0	0	11	11	9
<i>Stauroneis sp1</i>	0	0	0	0	20	0	5	0	0	15	11	0	0	0
<i>Stephanodiscus sp1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella brebissonii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Especies/ml	Febrero							Marzo						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<i>Surirella ovalis</i>	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella ovata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella tenicola</i>	0	0	0	0	0	9	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
<i>Synedra fasciculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	11
<i>Synedra gaulardii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra radians</i>	0	21	0	23	11	0	0	0	0	0	0	12	0	19
<i>Synedra ulna</i>	1000	0	0	22	14	0	13	18	11	0	0	34	0	5

Fuente: Datos procesados en el Laboratorio de Botánica de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.

**Anexo N° 17. Lista de taxones utilizados como indicadores de calidad del agua para determinar el IDG.**

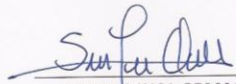
<b>TAXONES</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>SENSIBILIDAD (S)</b>	<b>VARIABILIDAD (V)</b>
<i>Achnantes</i>	ACH	5	1
<i>Amphipleura</i>	AMH	5	3
<i>Amphora</i>	ARA	3	2
<i>Anomoeoneis</i>	ANO	5	2
<i>Asterionella</i>	AST	4	1
<i>Attheya</i>	ATT	2	3
<i>Caloneis</i>	CAL	4	2
<i>Campylodiscus</i>	CAM	5	2
<i>Ceratoneis</i>	CER	5	2
<i>Cocconeis</i>	COC	4	1
<i>Cyclotella</i>	CYC	3	1
<i>Cymatopleura</i>	CMA	4	2
<i>Cymbella</i>	CMB	5	1
<i>Denticula</i>	DEN	5	3
<i>Diatoma</i>	DIA	4	1
<i>Diploneis</i>	DIP	5	1
<i>Epithemia</i>	EPI	5	2

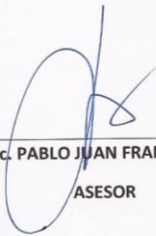
<b>TAXONES</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>SENSIBILIDAD (S)</b>	<b>VARIABILIDAD (V)</b>
<i>Eunotia</i>	EUN	5	1
<i>Fragilaria</i>	FRA	4	1
<i>Frustulia</i>	FRU	5	2
<i>Gomphoneis</i>	GIS	4	2
<i>Gomphonema</i>	GMA	3	2
<i>Gyrosigma</i>	GYA	4	3
<i>Hantzschia</i>	HAN	1	3
<i>Melosira</i>	MEL	3	1
<i>Meridion</i>	MER	5	1
<i>Navicula</i>	NAV	3	1
<i>Neidium</i>	NEI	4	3
<i>Nitzschia dissipatae</i>	NID	4	2
<i>Nitzschia (otras)</i>	NIT	1	1
<i>Pinnularia</i>	PIN	4	3
<i>Rhizosoenia</i>	RHI	2	3
<i>Rhoiscophenia</i>	RHO	4	1
<i>Rhopalodia</i>	RHP	4	1
<i>Stauroneis</i>	STA	5	2
<i>Stenopterobia</i>	SIA	5	3
<i>Stephanodiscus</i>	STE	2	1

<b>TAXONES</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>SENSIBILIDAD (S)</b>	<b>VARIABILIDAD (V)</b>
<i>Surirella</i>	SUR	3	3
<i>Synedra</i>	SYN	3	1
<i>Tabellaria</i>	TAB	5	1
Tetracyclus	TET	5	3
Thalassiosira	THA	2	3

**Anexo N° 18. Teratología de diatomeas del humedal de Ite.**



  
SANDRA INCA ORMACHEA  
BACH. EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

  
MSc. PABLO JUAN FRANCO LEON  
ASESOR

TACNA, NOVIEMBRE DEL 2014