



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

“ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA REPRESA SAN VICENTE – COLONCHE, MEDIANTE EL USO DE ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA (ICA) Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS INDICADORES (MAIA) DE ENERO A SEPTIEMBRE DEL 2013”.

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:  
**“Biólogo Marino”.**

DAVID ANTONIO LUCAS CHABLA

TUTOR  
Blgo. Richard Duque

LA LIBERTAD-ECUADOR  
2014

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

**“ESTUDIO DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA REPRESA  
SAN VICENTE – COLONCHE, MEDIANTE EL USO DE  
ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA (ICA) Y  
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS INDICADORES  
(MAIA) DE ENERO A SEPTIEMBRE DEL 2013”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:  
**Biólogo Marino**

**DAVID ANTONIO LUCAS CHABLA**

**LA LIBERTAD-ECUADOR  
2014**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, en especial a mi madre Silvia María Chabla, por su gran paciencia, dedicación y esfuerzo para darme siempre lo mejor.

A mis hermanas, a mi tío que es como mi segundo padre y al nuevo integrante de mi familia, mi sobrino Diego.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi gratitud va dirigida a Dios, por guiar mi camino en la toma de decisiones importantes en mi vida, a mis profesores de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por ayudar en mi formación universitaria y por compartir todos sus conocimientos transformándose en profesores de calidad.

Al Blgo. Richard Duque director de la carrera de Biología Marina en su calidad de tutor y amigo, por guiarme acertadamente en el proceso de esta investigación.

Al Dr. Carlos Helguero González, directivo del Laboratorio Oceánico La Libertad, por compartir su conocimiento de procedimientos y su tiempo para el análisis de muestras.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

**Ing. Gonzalo Tamayo Castañeda**  
**Decano Facultad Ciencias del Mar**

---

**Blgo. Richard Duque Marín M.Sc.**  
**Director Escuela Biología Marina**

---

**Blgo. Richard Duque Marín M.Sc.**  
**M.Sc. Profesor Tutor**

---

**Blgo. Xavier Avalos Rodríguez**  
**Profesor de Área**

---

**Ab. Milton Zambrano Coronado M.Sc.**  
**Secretario General-Procurador**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

La responsabilidad por los hechos, ideas y resultados expuestos en esta Tesis, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

**Lucas Chabla David Antonio**  
**C.I. 0925085680**

## RESUMEN

La represa San Vicente de Colonche es una obra de importante desarrollo para las personas que habitan en su alrededores, gracias a ésta se despliegan muchas actividades tales recreación, agricultura, pesca y ganadería e incluso aprovechamiento para actividades domésticas. No existe información publicada de las condiciones de calidad de agua actual de ésta represa. Ésta investigación se desarrolló a partir de la necesidad de conocer el estado actual del cuerpo de agua. El trabajo se inició en Enero y finalizó en Septiembre del 2013. Se analizaron los parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno, potencial de hidrogeno, sólidos totales disueltos, coliformes totales y fecales, fosfatos, nitrato, turbidez y temperatura del agua de 4 estaciones fijas. Con la ayuda de la identificación de macroinvertebrados acuáticos indicadores se determinó la calidad de agua, aplicando el índice ephemeroptera, trichoptera y plecoptera conocido como ETP. La familia más abundante de macroinvertebrados fue **chironomidae** del orden díptera con un total de **1211** organismos y la familia menos representada fue **elmidae**, con un total de **103** Organismos. El estudio determinó que el cuerpo de agua de la represa es de calidad regular, relacionando resultados de **ICA y MAIA**.

**Palabras Clave:** Calidad de agua, macroinvertebrados, coliformes, parámetros, chironomidae.

## ABSTRACT

The San Vicente dam of Colonche is a work of important development for the people that inhabit its surroundings, thanks to the deployed many activities such recreation, agriculture, fisheries and livestock and even use for home activities. There is no published information on the conditions of current water quality of this dam. This research was developed from the need to know the current state of the body of water. The job was started in January and was completed in September, 2013. We analyzed the physico-chemical parameters: dissolved oxygen, biological oxygen demand, potential of hydrogen, total dissolved solids, total and fecal coliforms, phosphate, nitrate, turbidity and temperature of the water of 4 stations. With the help of the identification of aquatic macroinvertebrates indicators determined the quality of water, applying the index ephemeroptera, plecoptera and trichoptera known as ETP. The most abundant family of macroinvertebrates was chironomidae the diptera order with a total of **1211** organisms and the family was less represented elmidae, with a total of **103** organisms. The study found that the body of water of the dam is of average quality, linking results of IQW and MAIA.

**Key Words:** water quality, macroinvertebrates, coliforms, parameters, Chironomidae.

## ÍNDICE GENERAL

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| <b>Índice.....</b>             | <b>VIII</b> |
| <b>Índice de Tablas.....</b>   | <b>XII</b>  |
| <b>Índice de Gráficos.....</b> | <b>XV</b>   |
| <b>Índice de Figuras.....</b>  | <b>XVII</b> |
| <b>Índice de Fotos.....</b>    | <b>XVII</b> |
| <b>Abreviaturas.....</b>       | <b>XIX</b>  |
| <b>Glosario.....</b>           | <b>XX</b>   |
| <br>                           |             |
| INTRODUCCIÓN.....              | 22          |
| ANTECEDENTES.....              | 25          |
| JUSTIFICACIÓN.....             | 27          |
| OBJETIVOS.....                 | 28          |
| Objetivo General.....          | 29          |
| Objetivos Específicos.....     | 29          |
| HIPÓTESIS.....                 | 31          |

## **CAPÍTULO 2.**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2.- El agua parámetros fisicoquímicos y biológicos.....</b> | <b>32</b> |
| <b>2.1.- Parámetros físicos.....</b>                           | <b>32</b> |
| a) Sabor y Olor.....   | 32        |
| b) Color.....  | 33        |
| c) Turbidez.....   | 33        |
| d) Temperatura.....  | 33        |
| <b>2.2.- PARÁMETROS QUÍMICOS.....</b>                          | <b>33</b> |
| a) Potencial de Hídrogeno (pH).....                            | 33        |
| b) Dureza.....   | 34        |
| c) Nitratos.....   | 35        |
| d) Fosfatos.....   | 35        |
| e) Oxígeno Disuelto.....                                       | 35        |
| <b>2.3. PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....</b>                         | <b>36</b> |
| a) Demanda Biologica de Oxigeno.....                           | 36        |
| b) Indices Biologicos.....                                     | 36        |
| c) Contaminacion de Agua.....                                  | 38        |
| d) Fuente de la Contaminacion Acuática .....                   | 38        |
| e) Índice de calidad del agua (ICA).....                       | 39        |

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>2.4.- Evaluación del ICA.....</b> | <b>44</b> |
|--------------------------------------|-----------|

|   |           |
|---|-----------|
| <b>2.5.- MAIA – Macroinvertebrados indicadores acuáticos.....</b> | <b>46</b> |
|---|-----------|

### **CAPÍTULO 3**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3.- Materiales y Métodos.....</b>  | <b>47</b> |
| 3.1.- Área de estudio.....  | 47        |
| 3.2.- Selección de áreas de muestreo.....   | 49        |
| 3.3.- Lugares de toma de muestras.....  | 49        |
| 3.4.- Determinación del índice de calidad del agua.....                           | 51        |
| 3.5.- Parámetros a considerar para ICA.....                                       | 52        |
| 3.6.- Generalidades de colecta, preservación y almacenamiento de<br>muestras..... | 53        |
| 3.7.- Precauciones generales.....   | 53        |
| 3.8.- Materiales para laboratorio, equipos y reactivos.....                       | 55        |
| a) Materiales.....  | 55        |
| b) Equipos.....   | 55        |
| c) Reactivos.....   | 56        |
| 3.9.- Metodología para el análisis de indicadores de calidad de<br>Agua.....      | 56        |
| 3.10.- Determinación de ICA.....  | 65        |
| 3.11.- Criterios de cálculo.....  | 66        |

|  |            |
|--|------------|
| 3.11.1.- Asignación de valores.....                  | 66         |
| 3.12.- Reemplazo de valores para cálculo de ICA..... | 69         |
| 3.13.- Materiales para la recolección de MAIA.....   | 70         |
| 3.14.- Elaborar una malla surber.....                | 70         |
| 3.15.- Toma de muestras de MAIA.....                 | 71         |
| 3.16.- Identificación de MAIA.....                   | 72         |
| <br>   |            |
| <b>4.- RESULTADOS.....</b>                           | <b>73</b>  |
| <b>5.- CONCLUSIONES.....</b>                         | <b>113</b> |
| <b>6.- RECOMENDACIONES.....</b>                      | <b>116</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                   | <b>118</b> |
| <b>BILBIOGRAFÍA.....</b>                             | <b>164</b> |

## Índice de Tablas

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 1.</b> Clasificación de la dureza.....   | 34  |
| <b>Tabla 2.</b> Parámetros del ICA – Coeficiente de ponderación ( $W_i$ ).....                      | 43  |
| <b>Tabla 3.</b> Rango de clasificación del ICA propuesto por Brow.....                              | 44  |
| <b>Tabla 4.</b> Escala de clasificación del índice de calidad del agua.....                         | 45  |
| <b>Tabla 5.</b> Coordenadas UTM y distancias de puntos de monitoreo.....                            | 50  |
| <b>Tabla 6.</b> Ejemplo del reemplazo de valores para el cálculo de global.....                     | 69  |
| <b>Tabla 7.</b> Datos globales de los parámetros fisicoquímicos de la estación 1...74               |     |
| <b>Tabla 8.</b> Datos globales de los parámetros fisicoquímicos de la estación 2....81              |     |
| <b>Tabla 9.</b> Datos globales de los parámetros fisicoquímicos de la estación.....88               |     |
| <b>Tabla 10.</b> Datos globales de los parámetros fisicoquímicos de la estación....95               |     |
| <b>Tabla 11.</b> Valores globales de ICA en las 4 estaciones.....                                   | 102 |
| <b>Tabla 12.</b> Clasificación de calidad de agua.....  | 103 |
| <b>Tabla 13.</b> Clasificación de la calidad de agua de la represa según<br>el cuadro de Brown..... | 103 |
| <b>Tabla 14.</b> Índice ETP total con los datos de MAIA estación 1.....                             | 105 |
| <b>Tabla 15.</b> Índice ETP total con los datos de MAIA estación 2.....                             | 106 |
| <b>Tabla 16.</b> Índice ETP total con los datos de MAIA estación 3.....                             | 107 |
| <b>Tabla 17.</b> Índice ETP total con los datos de MAIA estación 4.....                             | 108 |
| <b>Tabla 18.</b> Índice ETP de las 4 estaciones.....  | 109 |
| <b>Tabla 19.</b> Índice de ETP global.....  | 110 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 20.</b> Cuadro global de datos obtenidos en ICA y MAIA.....                              | 111 |
| <b>Tabla 21.</b> Clasificación de la calidad de agua.....   | 117 |
| <b>Tabla 22.</b> Puntuaciones designadas a las diferentes familias de<br>Macroinvertebrados ..... | 118 |
| <b>Tabla 23</b> Cálculo de OD de la estación 1 según el Standard method.....                      | 119 |
| <b>Tabla 24.</b> Cálculo de DBO de la estación 1 según el Standard method.....                    | 120 |
| <b>Tabla 25.</b> Cálculo de OD de la estación 2 según el Standard method.....                     | 120 |
| <b>Tabla 26.</b> Cálculo de DBO de la estación 2 según el Standard method.....                    | 120 |
| <b>Tabla 27.</b> Cálculo de OD de la estación 3 según el Standard method.....                     | 121 |
| <b>Tabla 28.</b> Cálculo de DBO de la estación 3 según el Standard method.....                    | 121 |
| <b>Tabla 29.</b> Cálculo de OD de la estación 4 según el Standard method.....                     | 122 |
| <b>Tabla 30.</b> Cálculo de DBO de la estación 4 según el Standard method.....                    | 122 |
| <b>Tabla 31.</b> Valores medidos con el disco secchi en las 4 estaciones.....                     | 123 |
| <b>Tabla 32.</b> Conteo de Coliformes fecales y totales en las 4 estaciones.....                  | 123 |
| <b>Tabla 33.</b> Modelo de ficha de campo para la medición de<br>parámetros <i>in situ</i> .....  | 124 |
| <b>Tabla 34.</b> Calculo de ICA – Oxígeno disuelto Estación 1 .....                               | 125 |
| <b>Tabla 35.</b> Calculo de ICA –DBO5 Estación 1 .....  | 125 |
| <b>Tabla 36.</b> Cálculo de ICA – Turbiedad Estación 1.....                                       | 126 |
| <b>Tabla 37.</b> Cálculo de ICA – Fosfatos Estación 1.....  | 126 |
| <b>Tabla 38.</b> Cálculo de ICA – Coliformes Totales Estación 1.....                              | 126 |
| <b>Tabla 39.</b> Cálculo de ICA – Coliformes Fecales Estación 1.....                              | 127 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 40.</b> Cálculo de ICA – STD Estación 1.....     | 127 |
| <b>Tabla 41.</b> Cálculo de ICA – pH Estación 1.....      | 127 |
| <b>Tabla 42.</b> Cálculo de ICA – Nitrato Estación 1..... | 128 |
| <b>Tabla 43.</b> Calculo de ICA – Estación 1.....         | 128 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Gráfico 1.</b> Comportamiento de OD y DBO5 de la E1.....                    | 75 |
| <b>Gráfico 2.</b> Niveles de turbidez medidos con el disco Secchi E1.....      | 76 |
| <b>Gráfico 3.</b> Valores de temperatura de cada mes de investigación E1.....  | 77 |
| <b>Gráfico 4.</b> Valores medidos de sólidos totales disueltos E1.....         | 77 |
| <b>Gráfico 5.</b> Valores medidos de pH en la E1.....                          | 78 |
| <b>Gráfico 6.</b> Valores medidos de salinidad E1.....                         | 78 |
| <b>Gráfico 7.</b> Gráfico global de Coliformes totales y fecales E1.....       | 79 |
| <b>Gráfico 8.</b> Gráfico global de valores de fosfato E1.....                 | 80 |
| <b>Gráfico 9.</b> Gráfico global de valores de nitrato E1.....                 | 80 |
| <b>Gráfico 10.</b> Comportamiento de OD y DBO5 de la E2.....                   | 82 |
| <b>Gráfico 11.</b> Niveles de turbidez medidos con el disco Secchi E2.....     | 83 |
| <b>Gráfico 12.</b> Valores de temperatura de cada mes de investigación E2..... | 83 |
| <b>Gráfico 13.</b> Valores medidos de sólidos totales disueltos E2.....        | 84 |
| <b>Gráfico 14.</b> Valores medidos de pH en la E2.....                         | 84 |
| <b>Gráfico 15.</b> Valores medidos de salinidad E2.....                        | 85 |
| <b>Gráfico 16.</b> Gráfico global de Coliformes totales y fecales E2.....      | 86 |
| <b>Gráfico 17.</b> Gráfico global de valores de fosfato E2.....                | 87 |
| <b>Gráfico 18.</b> Gráfico global de valores de nitrato E2.....                | 87 |
| <b>Gráfico 19.</b> Comportamiento de OD y DBO5 de la E3.....                   | 89 |
| <b>Gráfico 20.</b> Niveles de turbidez medidos con el disco Secchi E3.....     | 90 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Gráfico 21.</b> Valores de temperatura de cada mes de investigación E3..... | 90  |
| <b>Gráfico 22.</b> Valores medidos de sólidos totales disueltos E3.....        | 91  |
| <b>Gráfico 23.</b> Valores medidos de pH en la E3.....                         | 91  |
| <b>Gráfico 24.</b> Valores medidos de salinidad E3.....                        | 92  |
| <b>Gráfico 25.</b> Gráfico global de Coliformes totales y fecales E3.....      | 93  |
| <b>Gráfico 26.</b> Gráfico global de valores de fosfato E3.....                | 94  |
| <b>Gráfico 27.</b> Gráfico global de valores de nitrato E3.....                | 94  |
| <b>Gráfico 28.</b> Comportamiento de OD y DBO5 de la E4.....                   | 96  |
| <b>Gráfico 29.</b> Niveles de turbidez medidos con el disco Secchi E4.....     | 97  |
| <b>Gráfico 30.</b> Valores de temperatura de cada mes de investigación E4..... | 98  |
| <b>Gráfico 31.</b> Valores medidos de sólidos totales disueltos E4.....        | 98  |
| <b>Gráfico 32.</b> Valores medidos de pH en la E4.....                         | 99  |
| <b>Gráfico 33.</b> Valores medidos de salinidad E4.....                        | 99  |
| <b>Gráfico 34.</b> Gráfico global de Coliformes totales y fecales E4.....      | 100 |
| <b>Gráfico 35.</b> Gráfico global de valores de fosfato E4.....                | 101 |
| <b>Gráfico 36.</b> Gráfico global de valores de nitrato E4.....                | 102 |
| <b>Gráfico 37.</b> Barras de ICA de cada estación de monitoreo.....            | 104 |
| <b>Gráfico 38.</b> Barras de las 4 estaciones de monitoreo de ICA – MAIA.....  | 112 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Mapa de la Provincia de Santa Elena..... | 47 |
| <b>Figura 2.</b> Estaciones de Monitoreo.....             | 50 |
| <b>Figura 3.</b> Malla Sorber.....                        | 71 |

## ÍNDICE DE FOTOS

|  |     |
|--|-----|
| <b>Foto 1.</b> Represa San Vicente Colonche – Enero.....                   | 149 |
| <b>Foto 2.</b> Represa San Vicente Colonche – Septiembre.....              | 149 |
| <b>Foto 3.</b> Estación 1.....   | 150 |
| <b>Foto 4.</b> Estación 1 - últimos mes.....                               | 150 |
| <b>Foto 5.</b> Estación 2, Zona de pesca con trasmallo y Catanga.....      | 151 |
| <b>Foto 6.</b> Estación 3, Torre de medición .....                         | 151 |
| <b>Foto 7.</b> Estación 4 cerca de la Zona de Lavandería y Recreación..... | 152 |
| <b>Foto 8.</b> Ganado cerca de la Represa.....                             | 152 |
| <b>Foto 9.</b> Medición de parámetros <i>in situ</i> .....                 | 153 |
| <b>Foto 10.</b> Soluciones fijadoras de oxígeno y botellas para DBO.....   | 153 |
| <b>Foto 11.</b> Base Provisional para fijar muestras <i>in situ</i> .....  | 154 |
| <b>Foto 12.</b> Captura de Macroinvertebrados.....                         | 154 |
| <b>Foto 13.</b> Animales tomando agua cerca de la estación 4.....          | 155 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Foto 14.</b> Fijación de Oxígeno.....  | 155 |
| <b>Foto 15.</b> Sedimento del arrastre obtenido con la red sorber.....                      | 156 |
| <b>Foto 16.</b> Alistando el determinador multiparámetro YSI.....                           | 156 |
| <b>Foto 17.</b> Medición de OD.....   | 157 |
| <b>Foto 18.</b> Fiolas con muestra filtrada para determinación de Fosfato<br>Y Nitrato..... | 157 |
| <b>Foto 19.</b> Espectrofotómetro para determinar Nitrato y Fosfato.....                    | 158 |
| <b>Foto 20.</b> Filtrado de muestra previo a análisis .....                                 | 158 |
| <b>Foto 21.</b> Sistema de filtrado con bomba de vacío .....                                | 159 |
| <b>Foto 22.</b> Columna de Cadmio .....   | 159 |
| <b>Foto 23.</b> Muestra de MAIA lista para ser tamizada.....                                | 160 |
| <b>Foto 24.</b> Preparando la muestra para revisar en el estereomicroscopio.....            | 160 |
| <b>Foto 25.</b> Conteo de MAIA.....   | 161 |
| <b>Foto 26.</b> Familia Hydrobiosidae.....  | 161 |
| <b>Foto 27.</b> Familia Baetidae.....   | 162 |
| <b>Foto 28.</b> Familia Chironomidae.....   | 162 |
| <b>Foto 29.</b> Familia Coridalidae.....  | 163 |
| <b>Foto 30.</b> Famila Elmidae.....   | 163 |

## ABREVIATURAS

|        |   |  |
|--------|---|--|
| [s/a]. | : | Sin año de publicación.                        |
| °C.    | : | Grados Celsius.                                |
| Ca.    | : | Calcio.  |
| Col.   | : | Coliformes.                                    |
| DBO5   | : | Demanda Biológica de oxígeno en 5 días.        |
| E1     | : | Estación 1.                                    |
| E2     | : | Estación 2.                                    |
| E3     | : | Estación 3.                                    |
| E4     | : | Estación 4.                                    |
| gr.    | : | Gramos   |
| ICA    | : | Índice de Calidad del Agua.                    |
| INERHI | : | Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos. |
| Km     | : | Kilometro.                                     |
| m.     | : | metro.   |
| MAIA   | : | Macroinvertebrados Acuáticos.                  |
| Mg.    | : | Magnesio.                                      |
| mg/l   | : | Miligramos por litro                           |
| Org,   | : | Organismos.                                    |
| ppm    | : | Partes por millón                              |
| S/m.   | : | Siemens por metro.                             |
| Sust.  | : | Sustancia.                                     |

## GLOSARIO

**Artejos:** Cada una de las partes en las que se dividen los apéndices – patas, antenas, palpos, etc. de los artrópodos.

**Bacteriológico:** adj. De la bacteria o relativo a ella, estudio de las bacterias

**Biomonitoreo:** Es un conjunto de técnicas basadas en la reacción y sensibilidad de distintos organismos vivos a diversas sustancias contaminantes presentes en un medio.

**Cianosis:** Es la coloración azulada de la piel, mucosas y lechos ungueales.

**Efímera:** Las efímeras son insectos blandos y frágiles, es el estadio adulto de macroinvertebrados acuáticos.

**Hipognata:** Posición en la que se encuentra la cabeza vertical con las piezas bucales dirigidas ventralmente.

**Minchillas:** Camarones de río.

**Ninfa:** Estadio juvenil de macroinvertebrados acuáticos.

**Ocelos:** Ojos compuestos de los artrópodos mediante los cuales perciben la luz, pero no la imagen de los objetos.

**Operculares:** Presentan una placa protectora en las branquias.

**Planarias:** Son una clase del filo platelmintos (gusanos planos) de vida libre y de pequeño tamaño.

**Pronoto:** Es una placa exoesquelética del protórax. Pronoto (dorsal).

**Protórax:** Es el primero de los tres segmentos del tórax de un insecto y es el portador del primer par de patas.

**Pupa:** Es el estado por el cual pasan algunos insectos en el curso de la metamorfosis que los lleva del estado de larva al de imago o adulto.

**Setas:** Penachos que le sirven a los macroinvertebrados acuáticos a filtrar alimentos.

**Tarsos:** Divisiones de las patas de los macroinvertebrados.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador posee represas muy conocidas por su destacada función hidroeléctrica como Represa de Paute Molino y algunas por cultivo de jaulas tales como Represa Daule Peripa, la Provincia de Santa Elena cuenta con la Represa de Velasco Ibarra, El Azúcar y la principal de este estudio la Represa San Vicente.

La Represa San Vicente ubicada en la parroquia Colonche, es un cuerpo de agua que abastece para diferentes necesidades de las comunas que se desarrollan en su alrededor, temporadas invernales pasadas llenaron este cuerpo de agua que cumple funciones vitales para los comuneros.

La represa de San Vicente en la actualidad es el eje principal para la actividad agrícola y agraria, también de uso doméstico permitiendo el desarrollo de las comunidades cercanas que crecen a sus alrededores, es de vital importancia conocer las características físicas, químicas y biológicas de dicha agua.

Mafla, 2005, señala que alrededor del mundo "Actividades humanas como la agricultura desmedida, deforestación, explotación maderera, canales de riego, explotación minera, descargas humanas están reduciendo la disponibilidad del recurso agua", dichas actividades en su mayoría son visibles en el área

de estudio, motivando al interés de conocer el estado actual de la calidad de agua de la Represa para tener un conocimiento científico de los procesos fisicoquímicos que ocurren.

En la actualidad, para determinar la calidad y el grado de contaminación de las aguas, existen varios métodos de estudio tanto de carácter químico como físico, pero uno de los métodos más confiable es el monitoreo biológico, el cual nos dará a conocer el estado actual en el que se encuentra un cuerpo de agua mediante la identificación de los seres vivos habitantes denominados indicadores o informadores de la calidad del agua. (Maldonado, 1998; Roldán, 1999; Cisneros & Espinosa, 2002; Mafla, 2005).

Para determinar la contaminación es muy preciso el uso de Macroinvertebrados acuáticos (MAIA) según Giocometti J. & Bersosa F. 2006, con una publicación en internet en la página web, <http://www.docstoc.com/docs/44894999/Macroinvertebrados>, sostienen que el uso de MAIA es considerada en la actualidad una forma práctica y una herramienta no costosa factible para la caracterización biológica, siendo así muy necesaria su utilización para un adecuado control y conservación de un ecosistema como la Represa San Vicente.

Puede combinarse el uso de MAIA con el monitoreo de parámetros físicos y químicos para obtener un mejor análisis del estado de agua, interrelacionando los resultados encontrados según una publicación encontrada en la página web: <http://www.docstoc.com/docs/44894999/Macroinvertebrados> en la cual se puede encontrar una publicación de Giacometti J. & Bersosa F. 2006, que señala que existe gran diferencia en los organismos acuáticos y no todos podrán ser utilizados como bioindicadores ya que presentan diferentes adaptaciones evolutivas en diferentes ambientes y límites para su tolerancia o resistencia.

Así podemos comprender que los diversos cambios en la estructura de las comunidades pueden utilizarse para analizar y estudiar los diferentes grados de contaminación presentes en un cuerpo de agua, independientemente sea contaminación natural o antropogénica.

Giacometti J. & Bersosa F. 2006, exponen que considerar MAIA para estos análisis es de mayor viabilidad para determinar la calidad biológica de agua.

## 1.1. ANTECEDENTES

Se han realizado estudios acerca de la calidad de espejos de agua en diferentes países y a nivel nacional para conocer el estado de sus cuerpos de agua y en ciertos casos plantear estrategias para el manejo correcto de estos.

En México el estudio de la calidad de las aguas superficiales del río San Pedro se realizaron durante un año para observar sus condiciones mediante la determinación de varios parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Un gradiente en el muestro fue establecido por la selección de los sitios desde áreas rurales hasta áreas urbanas. Los resultados indican un alto grado de contaminación en los sitios urbanos con mayor incidencia de asentamientos humanos, (Martínez, J. 1995).

En Argentina la presa de Yacyretá que se encuentra ubicada sobre un tramo del río Paraná al S.E. de la República del Paraguay y N.E. de la República Argentina, se realizó el estudio de fósforo mediante índices de calidad de agua para determinar si se presentaba como nutriente limitante en la zona, se realizó análisis de coliformes fecales empleando técnicas de índices biológicos, (Soledad, M. 2005).

En Ecuador se han realizado estudios para determinar causas de contaminación y plantear alternativas de manejo, en esta investigación se propuso el estudio de la calidad del agua en los afluentes de la Microcuenca del Río Blanco, en la Provincia de Chimborazo, (Yungán, J. 2011).

Mediante la interrelación de los valores fisicoquímicos se evaluó el índice de calidad de agua (ICA). Presentando una calidad de agua buena para los afluentes y regular en la desembocadura. Se ha estimado la calidad del agua mediante el empleo de bioindicadores (macroinvertebrados), en donde según el índice EPT existe una calidad de agua buena y regular; y mediante el índice BMWP/Col presento rangos de calidad de agua aceptable, dudosa y crítica, (Yungán, J. 2011).

Giacometti, J. & Bersosa, F. 2006 que presentan una publicación en <http://www.docstoc.com/docs/44894999/Macroinvertebrados>, exponen que en Ecuador también se ha estudiado la calidad de agua en investigaciones con la herramienta de Macroinvertebrados acuáticos (MAIA), para determinar su relación frente a un tipo de contaminación rutinaria, en el recorrido del río Alambi,

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El recurso agua es cada vez más apreciado, tanto para uso doméstico, industrial o agrícola, ya que promueve el desarrollo económico y social, por lo cual su calidad influye directamente en cada una de estas actividades.

La calidad de agua de la Represa San Vicente Colonche está determinada por sus propiedades físico-químicas y biológicas que inciden directamente en las actividades diarias en las cuales es empleada el agua por parte de las personas que viven en los sectores aledaños.

No existe mayor información sobre estudios de calidad de agua en la represa, siendo este, un trabajo **inédito** que generara una base para diferentes estudios que se pueden desarrollar en el sector.

Es **pertinente** conocer la dinámica de dichas propiedades en un cuerpo de agua, que se está empleando para diversas actividades locales, es importante seguir con este estudio base que genera una **derivación científica** en investigaciones afines, como las reacciones químicas en el sedimento, y sus aplicaciones en el bentos de la Represa.

Este cuerpo de agua es de uso agrícola, pecuario y en ciertos sectores recreacional, y no existen investigaciones de su calidad de agua ni una caracterización de la zona que permita saber las condiciones en las que se encuentra en la actualidad, el uso de la herramienta MAIA, no presenta un gran costo demostrando gran **factibilidad** su aplicación en estos ecosistemas.

A partir de los resultados que se generan en el estudio, se podrá desarrollar **innovaciones**, en los proyectos de acuicultura rural para atribuir o mejorar las condiciones alimenticias de las comunidades rurales.

Este proyecto tiene como finalidad, examinar las condiciones fisicoquímicas y biológicas del agua para saber las condiciones que presenta, la Universidad Estatal Península de Santa Elena, cuenta con gran parte del Equipo técnico para realizar los monitoreos que permitirán tener un conocimiento más claro de la situación actual de la calidad de agua de la Represa de San Vicente para garantizar su calidad y aprobar sus utilidades comparando los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicas con los resultados observados en la evaluación de MAIA al correlacionar los datos obtenidos.

### **1.3. OBJETIVOS**

**Objetivo:**

Determinar la calidad de agua de Represa San Vicente Colonche, mediante la metodología ICA y MAIA, para establecer su estado actual.

**Objetivo Específicos:**

- Definir las características fisicoquímicas y biológicas del agua en los sectores seleccionados mediante la toma de muestras y respectivos análisis de laboratorio
- Focalizar las fuentes de contaminación de la represa mediante revisión visual del área de estudio.
- Identificación de Macroinvertebrados indicadores acuáticos (MAIA), presentes en cada sector de monitoreo, mediante el uso de técnicas de recolección e identificación.

- Relacionar los datos obtenidos en ICA y MAIA comparando los parámetros físicos y químicos con la presencia de Macroinvertebrados indicadores acuáticos.

## **1.4. HIPÓTESIS**

El determinar la calidad de agua de Represa San Vicente Colonche, mediante la metodología ICA, permitió establecer el estado actual del cuerpo de agua y su relación con los componentes biológicos mediante la metodología MAIA.

## **2. EL AGUA PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.**

Agua, sustancia líquida formada por la combinación de dos volúmenes de hidrógeno y un volumen de oxígeno, que constituye el componente más abundante en la superficie terrestre.

Roldan, G. 1992, explica lo esencial que es el agua para la vida, "Ningún proceso metabólico ocurre sin su acción directa o indirecta. El agua cubre el 71% de la superficie de la tierra y es el medio natural para muchas formas de vida", podemos entender la gran importancia que tiene el agua, no solo en la interacción del ecosistema acuático, también entre la atmosfera ya, que constituye el factor principal determinante del clima.

### **2.1. PARÁMETROS FÍSICOS**

#### **a) SABOR Y OLOR**

Zambonino J. 2013, en un informe de su tesis final considera el sabor y olor como funciones organolépticas subjetivas las cuales no tienen registro o algún tipo de medida empleada. El sabor y olor del agua están marcados como los principales indicadores de aceptación o rechazo en aguas potables por parte de los consumidores o usuarios en aguas confinadas de recreación.

### **b) TURBIDEZ**

Según Digesa, Dirección Nacional de Gestión Ambiental, la materia que se encuentra suspendida en el agua absorbe el paso de luz, dando la apariencia de agua opaca o turbia. Esto es denominado Turbidez para Metcalf & Eddy 2003, quienes exponen que la turbidez, puede ser medida con diferentes técnicas conocidas, pero básicamente el nivel de turbidez nos demuestra la resistencia o impedimento del paso de luz o propagación de la misma en el agua.

### **c) TEMPERATURA**

La Dirección Nacional de Gestión Ambiental (Digesa) ([http://www.digesa.sld.pe/DEPA/informes\\_tecnicos](http://www.digesa.sld.pe/DEPA/informes_tecnicos)), publica que la base para las reacciones químicas es la temperatura del agua. Ayuda para que se desarrolle la vida en el medio acuático.

## **2.2. PARÁMETROS QUÍMICOS**

### **a) POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)**

Según Digesa, fuente internet [http://www.digesa.sld.pe/DEPA/informes\\_tecnicos](http://www.digesa.sld.pe/DEPA/informes_tecnicos), El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, esto se determina mediante diferentes cálculos del número de iones hidrogeno que se encuentran presentes. La escala para

medirlo se establece de 0 a 14. De estos valores la mitad que es 7 sitúa a una sustancia como neutra, los valores de pH por debajo de 7 indican que es ácida Digesa plantea que una sustancia es básica cuando el valor supera a 7.

## b) DUREZA

En la publicación de Clair N. Sawyer.; Perry L. McCarty.; & Gene F. Parkin. 2000. "Química para ingeniería ambiental", se expresa que el grado de dureza de un cuerpo de agua aumenta, cuanto más Ca. y Mg. se encuentran disueltos.

Revisando en internet: <http://lucy-andrelucia.blogspot.com/2010/06/analisis-fisico-quimico.html>, entendemos que las aguas con menos de 50 ppm de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  se llaman blandas, a partir de esta clasificación entendemos que las aguas que se encuentren entre 75 a 150, se considera moderadamente dura, las aguas que se encuentran en los valores de 150 a 300 son consideradas como Aguas Duras y mayores a 300 muy Duras.

**Tabla 1. Clasificación de la Dureza**

| Rango (mg/L) | Clasificación      |
|--------------|--------------------|
| 0 - 75       | Blanda             |
| 75 - 150     | Moderadamente dura |
| 150 - 300    | Dura               |
| > 300        | Muy Dura           |

**Fuente:** Jairo, A. 2001.

### **c) NITRATOS**

De la fuente de internet: [http://www.digesa.sld.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.sld.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf) se encontró que determinado grupo de nitrobacterias oxidan los nitritos ( $\text{NO}_2$ ) para formar nitrato ( $\text{NO}_3$ ). A partir de los nitratos las plantas pueden crecer ya que absorben los nutrientes base constituidos por nitratos.

### **d) FOSFATOS**

Digesa, [http://www.digesa.sld.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.sld.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf) indica que los fosfatos son esenciales de los seres vivos y además son nutrientes para las plantas. Estos presentan diferentes tipos de aplicaciones industriales en el sector agrícola con el desarrollo de fertilizantes. El uso no controlado de fertilizantes en los cultivos, son los principales generadores de contaminación por fosfatos ya que las lluvias transportan los residuos a los cuerpos de agua y pueden causar eutrofización.

### **e) OXÍGENO DISUELTO (OD)**

Según la fuente de internet: <http://lucy-andrelucia.blogspot.com/2010/06/analisis-fisico-quimico.html>, se entiende que el OD, mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, por el total de materia orgánica oxidable, es más rápido y fácil de medir que la Demanda Biológica de Oxígeno ya que es de medición casi inmediata, la unidad de medida son ppm de  $\text{O}_2$  que mediante

cálculos se puede determinar en porcentaje ml/g o ml/l que es el más utilizado para índice de calidad de agua.

### **2.3. PARÁMETROS BIOLÓGICOS**

#### **a) DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO)**

En el web site: <http://lucy-andrelucia.blogspot.com/2010/06/analisis-fisico-quimico.html> se expresa que demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua mediante procesos biológicos aerobios, esto se calcula en un proceso que tarda 5 días, en los cuales la muestra de agua tiene que estar privada de luz, también suele emplearse (DBO21) de 21 días. Se mide en mg/l según el standard method.

#### **b) ÍNDICES BIOLÓGICOS**

Leiva, 2003, sugiere que los índices biológicos pueden dividirse en "Índices de contaminación, que examinan la disminución de las poblaciones resultante de la progresiva degradación del medio; e índices relacionados con la estructura de la comunidad como tróficos, taxonómicos de diversidad y comparativos". Dentro de los índices más aplicados se pueden mencionar los siguientes:

Según Calles, 2007. **El EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)**, considera únicamente a los órdenes de insectos Ephemeroptera, Plecoptera y

Trichoptera como indicadores de buena calidad de agua, reflejado en la abundancia o presencia de estos en una muestra determinada.

**El IBF (Índice Biótico de Familias)**, refleja el promedio ponderado de la abundancia de diferentes especies o géneros invertebrados de la comunidad béntica. Los valores de tolerancia oscilan entre 0 y 10. Mediante una modificación realizada en 1988 por el investigador Hilsenhoff, se clasifica los macroinvertebrados bénticos hasta el nivel de familia, lo que reduce el tiempo de análisis de la calidad del agua (Correa, 2000).

"Las ventajas de la mayoría de estos índices, es que para su utilización sólo se necesita conocer a nivel de familia cada uno de los grupos presentes en el sistema acuático" indica Figueroa, 1999. Lo que soluciona el gran problema en diferentes países en la falta de especialistas, taxónomos de los estados inmaduros de insectos acuáticos facilitando la investigación al usar MAIA.

Existe también la posibilidad de evaluar el hábitat, el protocolo **SVAP (Stream Visual Assessment Protocol)** evalúa el hábitat físico de un río mediante la asignación de puntajes entre 1 y 10 a 15 diferentes ítems. En ciertos casos, se puede excluir uno o más de los ítems, cuando no se aplica a un sitio.

Mafla, 2005, indica que al final del proceso se asignan puntajes y se calcula el promedio de los 15 ítems. Ésta es una manera de evaluar un río (mediano a pequeño) o quebrada aplicando altos puntajes (9, 6 a 10) para ríos o quebradas que tienen condiciones sanas, y bajos puntajes (de 2,2 a 1) para ríos o quebradas en mal estado.

### **c) CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

De manera simple, la contaminación del agua se puede definir como la adición de sustancias extrañas a los componentes naturales de un cuerpo de agua que ocasionan el deterioro de su calidad, comprometiendo el desarrollo normal de los organismos vivos que habitan en ella.

### **d) FUENTES DE LA CONTAMINACIÓN ACUÁTICA**

Las principales y más conocidas fuentes de contaminación acuática son las industrias, los desechos domésticos. La descomposición natural de la materia orgánica, acumulada en exceso, causa cambios drásticos en la concentración de oxígeno y valores de pH que pueden ser a veces mortales para los organismos del ecosistema acuático.

Roldan, G. 1992, señala "El uso, masivo de abonos para fertilizar los terrenos de cultivo está causando graves problemas de eutroficación en lagos, embalses y ríos ", esto es lo que genera los cambios extremos en los

parámetros fisicoquímicos del agua que se encuentra cerca de los cultivos y es contaminada por escorrentía.

### **e) ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)**

National Sanitation Foundation, señala que básicamente el objetivo de los índices de calidad de agua (ICA), es dar a conocer de una manera simple y fácil, mediante un porcentaje como se encuentra el estado de cualquier fuente de agua, se utilizan valores positivos o negativos de acuerdo al cálculo de cada parámetro calculado previamente.

Los ICA tienen como objeto estimar (generalmente valores entre 0 y 1), el grado de calidad de un determinado cuerpo hídrico continental.

Con ello se pretende reconocer problemas de contaminación de una forma ágil, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables fisicoquímicas determinadas; esto se resalta cuando hay que realizar una gran cantidad de evaluaciones de forma periódica.

La Escuela Superior Politécnica del litoral (s/a) en la web site <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/8/METODOLOGIA%20DEL%20ICA.docx> publica que el Índice de Calidad del Agua (ICA) indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado

como porcentaje del agua pura; de esta manera un cuerpo de agua que se encuentre altamente contaminada se expresara en valores cercanos o iguales al 0 por ciento, entonces el agua que se encuentre con mejores condiciones tendrá valores cercanos al 100 por ciento.

**ICA se calcula aplicando la siguiente formula.**

$$\text{ICA} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

donde:

ICA = índice de calidad del agua total o global del cuerpo de agua.

$I_i$  = índice de calidad para el parámetro  $i$

$W_i$  = Coeficiente de ponderación del parámetro  $i$

$n$  = Número total de parámetros

## **Desarrollo**

La Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, en su publicación en la página web: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas\\_2000/compendio\\_2000/03dim\\_ambiental/03\\_02\\_Agua/data\\_agua/RecuadroII.2.2.2.htm](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/RecuadroII.2.2.2.htm)., explica que, ICA fue desarrollado de acuerdo con las siguientes etapas:

La primera etapa fue crear una escala de calificación de acuerdo con los diferentes usos del agua.

La segunda se basó en el desarrollo de una clasificación por medio de una calificación para cada parámetro medido, de tal forma que se estableciera una correlación con cada uno de los parámetros medidos y su influencia en el grado de contaminación.

Después de que fueron preparadas estas escalas, se formularon los modelos matemáticos para cada parámetro, los cuales convierten los datos físicos en correspondientes índices de calidad por parámetro (Ii).

Debido a que ciertos parámetros son más significativos que otros en su influencia en la calidad del agua, este hecho se modeló introduciendo pesos o factores de ponderación ( $W_i$ ) según su orden de importancia respectivo.

Finalmente, los índices por parámetro son promediados a fin de obtener el ICA de la muestra de agua. Además del ICA general, es posible calcular los valores del ICA para las categorías siguientes: materia orgánica, bacteriológico, material iónico, material en suspensión y nutrientes.

Para la obtención de estos índices se utiliza la misma fórmula de ICA general (promedios ponderados), y los coeficientes correspondientes para cada

parámetro. En la fuente de internet de SEMARNAT, [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas\\_2000/compendio\\_2000/03dim\\_ambiental/03\\_02\\_Agua/data\\_agua/RecuadroIII.2.2.2.htm](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/compendio_2000/03dim_ambiental/03_02_Agua/data_agua/RecuadroIII.2.2.2.htm), se revisó la tabla 2, en la cual se muestra la agrupación de cada uno de los parámetros de acuerdo a esta clasificación.

**Tabla 2. Parámetros del ICA – Coeficientes de Ponderación (Wi)**

| Parámetro  | Peso (Wi) | Parámetro  | Peso (Wi) |
|--|-----------|--|-----------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)                  | 5.0       | Nitrógeno en nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> ) | 2.0       |
| Oxígeno disuelto                                     | 5.0       | Alcalinidad  | 1.0       |
| Coliformes fecales                                   | 4.0       | Color  | 1.0       |
| Coliformes totales                                   | 3.0       | Dureza total   | 1.0       |
| Sustancias activas al azul de metileno (Detergentes) | 3.0       | Potencial de Hidrógeno (pH)                            | 1.0       |
| Conductividad eléctrica                              | 2.0       | Sólidos suspendidos                                    | 1.0       |
| Fosfatos totales (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )    | 2.0       | Cloruros (Cl <sup>-1</sup> )                           | 0.5       |
| Grasas y aceites                                     | 2.0       | Sólidos disueltos                                      | 0.5       |
| Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> )               | 2.0       | Turbiedad  | 0.5       |

Fuente: Reolon, L. 2010, Programa de Formación Iberoamericano en Materia de Aguas. Área temática 3.3. Calidad de las Aguas. Índices de calidad de agua. Buenos Aires – Argentina

## 2.4. EVALUACIÓN DEL ICA

Según el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) de El Salvador en su publicación en la página <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/documentos/calculoICA.pdf>. Señala que las aguas ICA mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de flora y fauna acuática. A esto se suma la posibilidad de entrar en contacto con este tipo de agua, sin correr riesgo de contaminación. Las aguas con un ICA de categoría regular tienen generalmente menor diversidad de fauna acuática y generalmente aumenta el desarrollo de algas.

**Tabla 3. Rango de clasificación del ICA propuesto por Brown**

| CALIDAD DE AGUA | COLOR  | PORCENTAJE |
|-----------------|--------|------------|
| Excelente       | Blue   | 90 a 100   |
| Buena           | Green  | 70 a 90    |
| Regular         | Yellow | 50 a 70    |
| Mala            | Red    | 25 a 50    |
| Pésima          | Grey   | 0 a 25     |

Fuente internet: <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

**Tabla 4. Escala de clasificación del Índice de Calidad del Agua**

| <b>Criterio General</b> | <b>Uso Publico</b>             | <b>Recreación</b>   | <b>Pesca y Vida Acuática</b>        | <b>Industria y Agrícola</b>                   |
|-------------------------|--------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| No Contaminado          | No requiere Purificación       | Es Aceptable para cualquier deporte Acuático por tiempo largo | Aceptable para todos los Organismos | No requiere Purificación                      |
|                         | Ligera o leve Purificación     |   |                                     | Ligera Purificación para algunos procesos     |
| Aceptable               |                                |   |                                     |   |
| Poco Contaminado        | Mayor Necesidad de Tratamiento | Aceptable no Recomendable                                     | Aceptable Excepto                   | Sin Tratamiento para Industria Normal         |
|                         |                                |   | Dudoso para Especies                |   |
| Contaminado             | Dudoso                         | Dudoso para contacto directo                                  | Solo Organismos muy resistentes     | Tratamiento en la mayor parte de la Industria |
|                         |                                | Sin contacto con el agua                                      |                                     |   |
| Altamente Contaminado   | No Aceptable                   | Señal de Contaminación  | No Aceptable                        | Uso muy restringido                           |
|                         |                                | No  |                                     | No  |

**Fuente internet:** [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadísticas\\_2000/estadísticas\\_ambientales\\_2000/03\\_Dimension\\_Ambiental/03\\_02\\_Agua/III.2.2/RecuadroIII.2.2.2.pdf](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadísticas_2000/estadísticas_ambientales_2000/03_Dimension_Ambiental/03_02_Agua/III.2.2/RecuadroIII.2.2.2.pdf)  
 Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 2002.

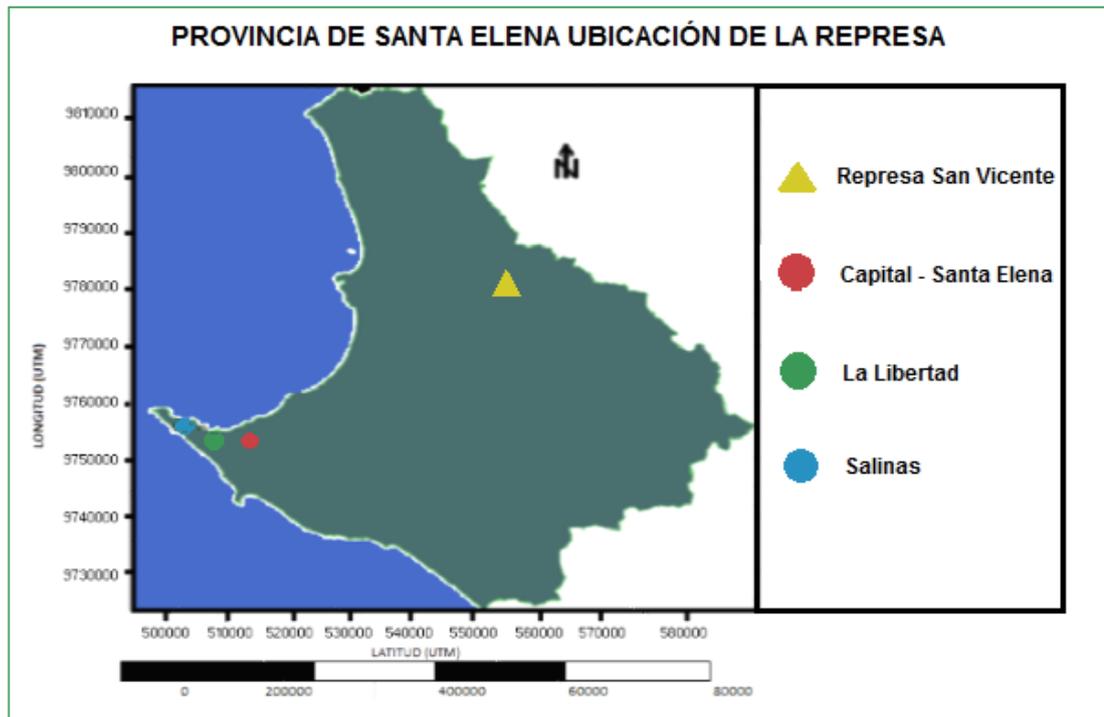
## **2.5. MAIA – Macroinvertebrados indicadores Acuáticos**

Los macroinvertebrados acuáticos son bichos que se pueden ver a simple vista. Se llaman **macro** porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), **invertebrados** porque no tienen huesos, y **acuáticos** porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas, ver más características de macroinvertebrados en **Anexos**.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudio

Represa de San Vicente, Sede Comunitaria San Vicente, Parroquia Colonche, Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena.



**Fig. 1. Mapa de la Provincia de santa Elena**

**Fuente:** CULTIVO DE TILAPIA EN JAULAS (*Oreochromis sp.* y *Oreochromis nilóticus*), EN LA REPRESA SAN VICENTE DE COLONCHE, COMUNA LAS BALSAS, Prov. SANTA ELENA.

**Coordenadas:** 552498.84 m E - 9778179.56 m S.

La represa de San Vicente - Colonche, se encuentra localizada en la cuenca alta del origen del río Javita exactamente al noroeste de la Provincia de Santa Elena. Esta Represa embalsa unas 40 Hm<sup>3</sup> que se distribuyen a través de canales y canaletas echas por las comunidades para distribuir el líquido vital, favoreciendo a las comunidades ubicadas en varios sectores como: Colonche, San Marcos, Bellavista, Manantial de Guangala, etc. se establece que serían 26.000 las hectáreas que se beneficiarían en la provincia de Santa Elena. (UPSE, Prefectura de Santa Elena. 2012, Proyecto de Vinculación con la Colectividad) fuente internet: [http://www.santaelena.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=554:prefecto-cisneros-en-asamblea-provincial-busca-solucion-a-temahidrico&catid=:ultimas&Itemid=190](http://www.santaelena.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=554:prefecto-cisneros-en-asamblea-provincial-busca-solucion-a-temahidrico&catid=:ultimas&Itemid=190).

En la página de internet: [http://www.panoramaacuicola.com/noticias/2008/07/14/siembra\\_de\\_alevines\\_de\\_tilapia\\_en\\_ecuador\\_.html](http://www.panoramaacuicola.com/noticias/2008/07/14/siembra_de_alevines_de_tilapia_en_ecuador_.html), se puede revisar la información que expresa que en el año 2008 la Subsecretaria de acuicultura junto a los representantes del Ministerio del Litoral, Ministerio del Ambiente y los habitantes de las diferentes comunas de la Provincia de Santa Elena, presenciaron la siembra de aprox. 120.000 de los 500.000 alevines de tilapia donados por la compañía MODERCORP que fueron sembrados en la represa de San Vicente de Colonche. (Subsecretaría de Acuicultura, 2008).

### **3.2. SELECCIÓN DE ÁREAS DE MUESTREO:**

Para escoger los puntos de monitoreo se tomaron en cuenta las consideraciones generales para selección e identificación de los puntos de monitoreo que son: seguridad y accesibilidad, legalidad, que sea estratégico tomando en consideración los parámetros que se desean tomar.

### **3.3. LUGARES DE TOMA DE MUESTRAS:**

Se designaron 4 estaciones para tomar las muestras (Fig. 3).

**Estación 1 (2° 0'2.99"S - 80°31'36.04"O).** Cerca de las jaulas de criadero de tilapias, del proyecto UPSE y Prefectura de Santa Elena.

**Estación 2 (2° 0'19.52"S. - 80°31'14.51"O).** Área habitual de pesca con trasmallo de las personas de la comuna.

**Estación 3 (2° 0'33.73"S - 80°31'59.61"O).** Torre de medición de nivel de agua de la represa.

**Estación 4 (2° 0'49.73"S - 80°31'42.46"O).** Lugar donde generalmente las personas acuden a bañarse, es decir utilizado como lugar de recreación y lavandería.



**Fig. 2. Estaciones de monitoreo en la Represa San Vicente – Colonche.**

Fuente: Google Earth Versión: 7.1.2.2041

**Coordenadas:** 2° 00'30.53"S - 80°31'33.73"O.

**Tabla 5. Coordenadas UTM y Distancias de Puntos de Monitoreo**

| Punto | E (m)     | S (m)      | Área entre estaciones | Metros Lineales |
|-------|-----------|------------|-----------------------|-----------------|
| 1     | 552691,41 | 9778834.10 | E1 - E2               | 1150            |
| 2     | 553307,62 | 9778343.32 | E2 - E3               | 1835            |
| 3     | 551913.01 | 9777897.38 | E3 - E4               | 1.098           |
| 4     | 552462.52 | 9777426.64 | E4 - E1               | 1849            |

**Fuente:** Investigación, Estudio de la Calidad de Agua de la Represa San Vicente – Colonche, Lucas, 2013

### **3.4. DETERMINACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA**

#### **(ICA):**

El Grupo de estudios en recursos hidrobiológicos continentales de la Universidad del Cauca, realizó una publicación que se encuentra disponible en la página web: <http://attachments.wetpaintserv.us/qEGuFAEEV9dRQOQjJN1pA==450156>, en la cual dan a conocer el procedimiento para definir uno u otro índice sigue de manera general los siguientes pasos:

- Selección de las variables físicas y químicas (Parámetros a considerar).
- Asignación de valores de calidad (0 a 1) a diferentes concentraciones de las variables, o establecimiento de una relación (ecuación) entre índice – variable.
- Asignación de coeficientes de ponderación (importancia para cada variable).
- Las variables fisicoquímicas que se involucraron en el cálculo de los ICA recayeron en condiciones generales de la calidad del agua y no en contaminantes específicos.

### **3.5. PARÁMETROS A CONSIDERAR PARA ICA**

Los parámetros tomados en consideración para realizar el ICA global de las diferentes estaciones de muestreo de la Represa de San Vicente son los siguientes.

(Tomado de internet: [http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/1234\\_56789/6147/8/METODOLOG%20C3%20DAICA.docx](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/1234_56789/6147/8/METODOLOG%20C3%20DAICA.docx))

- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Oxígeno Disuelto
- Coliformes Fecales
- Coliformes Totales
- pH
- Dureza Total
- Sólidos Totales Disueltos
- Fosfatos
- Nitrógeno
- Turbiedad
- Temperatura

### **3.6. GENERALIDADES DE COLECTA, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

Las muestras deben ser homogéneas, representativas y no deben modificar las características fisicoquímicas del agua (gases disueltos, materia en suspensión, etc.).

El objetivo fundamental de los programas de muestreo es obtener una muestra que cumpla con los requisitos del muestreo y almacenamiento, de tal manera que no se deteriore o se contamine antes de llegar al laboratorio. (FUNDACION NATURA).

### **3.7. PRECAUCIONES GENERALES**

- a. Antes de llenar el envase de muestra, enjuáguelo 2 o 3 veces con el agua que va a ser recolectada.
  
- b. Para determinaciones de materia orgánica en el agua, llene el envase completamente. Para análisis microbiológicos, deje espacio para aireación, mezcla, etc. si la muestra va a ser transportada deje un espacio de aproximadamente el 1% de la capacidad del envase, para permitir la expansión térmica.

- c. La elección de la técnica para recolectar una muestra homogénea debe dejarse a juicio del analista.
  
- d. Llevar un registro de cada muestra colectada e identifique cada botella, pegando una etiqueta apropiada, en esta debe estar detallada la información necesaria para la identificación positiva de la muestra, fecha, hora y ubicación exacta, temperatura del agua, y cualquier otro dato necesario.
  
- e. Fijar los puntos de muestreo utilizando mapas.
  
- f. Los rótulos de las botellas deberán estar protegidos para no dañarse con humedad o al entrar en contacto con alguna sustancia.

### 3.8. MATERIALES PARA LABORATORIO. EQUIPOS Y REACTIVOS (ICA)

#### a. Materiales

- 1) Vaso de precipitación 250 ml
- 2) Matraz aforado 50 ml
- 3) Erlenmeyer 250 ml
- 4) Embudo
- 5) Papel filtro
- 6) Pipeta volumétrica 2 ml
- 7) Cápsula de porcelana
- 8) Estufa (Mennmert)
- 9) Pinza para crisol
- 10) Pipetas 10 ml
- 11) Agar (Agar Mac Conkey, Agar eosina azul de metileno)
- 12) Botellas de vidrio con tapón 250 a 300 ml
- 13) Tubos Nessler (5ml)
- 14) Gradilla para tubos nessler

#### b. Equipos

- 1) Kit para análisis físico-químico *in situ* de calidad de agua
- 2) Balanza analítica (Scientech)
- 3) Determinador Multiparámetro YSI

4) GPS – Garmin

5) Red Sorber

**c. Reactivos**

1) Solución de Iodato de potasio 10ml (0.1N) – hasta 100 ml con agua destilada.

2) Ácido Sulfúrico (0,05 N).

3) Solución Thiosulfato de Sodio 200ml (0.01 N) – hasta 2000ml con agua destilada.

4) Solución indicadora (almidón).

5) Phosphate Acid (Kit)

6) Phosphate reducing (kit)

**3.9. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA**

• **TEMPERATURA**

Se utilizara el determinador multiparámetro (YSI) para obtener la temperatura exacta del agua *in situ*, se procede a armar y encender el equipo, se coloca el sensor dentro de agua destilada luego en el agua de la represa.

- **POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)**

Se repetirá el procedimiento anterior y se anotará el valor de pH que marque el determinador multiparámetro (YSI).

- **DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO**

La concentración de oxígeno disuelto en agua se determina por el método de Winkler. Este método depende de la reacción en medio alcalino, de oxígeno disuelto con hidróxido de manganeso formando una precipitación de compuesto de manganeso IV de color marrón oscuro; cuando esta muestra de agua se acidifica en la presencia de exceso de ioduro de potasio, el yodo se libera cuantitativamente y se titula con una solución de tiosulfato de sodio.

### **Reactivos para oxígeno**

#### **a. Almidón soluble - indicador**

- Pesar 2g de almidón en poca cantidad de agua destilada y disolver.
- Añadir esta mezcla a 500ml de agua destilada hervida y se continúa el calentamiento hasta que se haga transparente. Después que se enfríe se añade 2.5ml de ácido acético glacial.

#### **b. Solución de tiosulfato de sodio aproximadamente 0.1 n**

- Disuelva 29 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y 0.1 g de Carbonato de sodio en 1 litro de agua destilada.
- Adicione 1 gota de bisulfuro de carbono ( $\text{CS}_2$ ) a la solución preparada.

**c. Solución de iodato de potasio (0.1 n)**

- Pesar exactamente 3,567g de  $\text{KIO}_3$  previamente secado por 1 hora a  $105^\circ\text{C}$  y se diluye a 1 litro de agua destilada.

**d. Sulfato de manganeso**

- Disolver 480 g. de sulfato de manganeso tetrahidratado  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  o 400 g de sulfato de manganeso dihidratado  $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  365 g de sulfato de manganeso monohidratado  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  en agua destilada hasta un volumen de 1 litro.

**Recolección de la muestra**

- Enjuague la botella con agua de la muestra
- Cierre bien la tapa de la botella y sumérgala a la profundidad deseada
- Quite la tapa y llene la botella
- Apriete la botella para sacar las burbujas de agua
- Ponga la tapa con la botella aun sumergida
- Saque la botella del agua asegurándose que no tenga burbujas de aire.

## **Fijación de Oxígeno**

- Después de tomar la muestra de agua, lo más pronto posible, se introduce 1ml de solución de Sulfato de Manganeso y 1ml de solución de Ioduro alcalino, se tapa inmediatamente, evitando la introducción de burbujas de aire. Se agita la botella vigorosamente por un minuto para mezclar los reactivos. En caso de que se utilice la botella de 125 ml entonces se adiciona 0.5 ml de ambos reactivos en lugar de 1 ml.
- Se titula inmediatamente con una solución valorada de tiosulfato de sodio hasta que la solución quede de un color amarillento muy pálido, adicionar 0,5ml del indicador de almidón y se continua la titulación hasta que el color azul desaparezca. Anote el volumen de tiosulfato de sodio gastado en la titulación.

## **Procedimiento de análisis**

Después que el precipitado se ha asentado en el fondo de la botella esperar por lo menos 30 minutos, pero no más de 6 horas, para analizar el oxígeno de la muestra.

- a) Introducir 1 ml de ácido sulfúrico concentrado (0,5 ml en caso de utilizar botellas (125 ml), a la botella, se tapa y se mezcla para que todo el precipitado se disuelva y el yodo se libere.

- b) Pipetear 50 ml de la muestra con una pipeta lavada con la misma muestra y trasladarla a un frasco Erlenmeyer de 250 ml
- c) Se titula inmediatamente con una solución valorada de tiosulfato de sodio hasta que la solución quede de un color amarillento muy pálido, adicionar 0,5 ml de indicador de almidón y se continua la titulación hasta que el color azul desaparezca. Anote el volumen de tiosulfato de sodio gastado en la titulación.

### **Calibración**

#### **Solución de iodato de potasio (0.01)**

- Diluir 10 ml de solución de iodato de potasio 0.1N hasta 100 ml con agua destilada.

#### **Solución de tiosulfato de sodio (aproximadamente 0.01 n)**

- Diluir 200 ml de Tiosulfato de Sodio aproximadamente 0.1 N hasta 2000 ml con agua destilada.

### **Determinación del factor (f), de la solución de tiosulfato.**

- Se utiliza la misma solución preparada para la determinación del blanco de reactivos. Pipetear alícuotas de 50 ml en 3 frascos Erlenmeyer de 250 ml y adicione 10 ml de solución de Iodato de Potasio 0.01 N. Espere 2 minutos hasta que se desarrolle la liberación de yodo y titular con la solución de tiosulfato de sodio. Si V es el promedio de tres titulaciones en mililitros, entonces el factor f será:

$$F = \frac{10}{V - b} \text{ Para la solución de tiosulfato } 0.01 \text{ N.}$$

Donde b es el promedio de dos blancos de reactivo en mililitros.

- **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)**

- Recolectamos agua en 2 botellas de incubación (botellas especiales para DBO de 250 a 300 ml de capacidad).
- Como precaución contra la entrada de aire a la botella, durante el periodo de incubación, usar un sello de agua que se obtiene agregando agua al borde de la boca de las botellas especiales de DBO.

- Debemos determinar el OD de una botella con el método Winkler
- Se coloca la 2da botella en una incubadora, controlada termostáticamente a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ . Excluir la luz para prevenir la formación de OD por las algas de la muestra.
- Luego de 5 días se determina el OD, con el método Winkler.
- **FOSFATOS KIT (*IN SITU*)**
  - Llenar el tubo de prueba hasta la marca con una muestra del agua.
  - Usar la pipeta de 1.0 ml para añadir 1.0 ml del reactivo Phosphate Acid, tapar y mezclar.
  - Use una cuchara de 0.1 g para añadir un nivel del reactivo Phosphate reducing, tapar y mezclar hasta disolver. Esperar por 5 minutos.
  - Coloque el tubo en el comparador de fosfatos, con el lector axial. Llenar 2 tubos de prueba hasta la línea de 10ml con agua de muestra. Colocar en el lector axial y comparar el color de la muestra con el color estandar. Registrar el valor como ppm
- **NITRATOS KIT (*IN SITU*)**
  - Llène un tubo de ensayo hasta la marca de 5ml con la muestra de agua.
  - Añada una tableta de nitrato #1.

- Tape y mezcle hasta que se disuelva la pastilla.
- Añada una tableta CTA de nitrato #2.
- Tape y mezcle hasta que se disuelva la pastilla.
- Espere 5 minutos.
- Deslice la barra nitrato nitrógeno en el visor Octa Slide
- Introduzca el tubo de ensayo en el visor
- Compare el color de la muestra con los colores patrón. Anote el resultado en ppm.

- **ALCALINIDAD TOTAL**

- Llene el tubo de ensayo hasta la línea de 5 ml con la muestra de agua
- Agregue la tableta indicadora BCG-Mr
- Coloque la tapa y mezcle hasta que la tableta se disuelva. La solución se volverá azul verde.
- Llene el titulador de lectura directa con el reagenente titulador alcalino.
- Inserte el titulador en el agujero central de la tapa del tubo de ensayo.
- Mientras mueve suavemente el tubo, presione suavemente el embolo para titular hasta que el color de la solución cambie de azul verde a rosado.

- **TURBIDEZ - SOLUCIÓN PATRÓN DE 500 UNIDADES DE COLOR.**

- Para medir este parámetro, utilizaremos un disco secchi.
- Se recomienda utilizar siempre el mismo equipo en las mediciones y la misma persona, a la misma distancia entre el cuerpo de agua y el observador.
- Se anotara el valor medido en la hoja de campo.

- **SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES**

- Se utilizara el YSI para evaluar los Sólidos Disueltos Totales del agua *in situ*, se procede a armar y encender el YSI, se coloca el sensor dentro de agua destilada para calibrar, luego se coloca le sensor en el punto de monitoreo y se espera dos minutos hasta tener el valor real.

- **COLIFORMES FECALES**

- Se recolecto muestras de agua y se llevo al laboratorio de análisis químicos del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), para que realicen las pruebas necesarias, el método realizado en el laboratorio es el de filtración por membrana.

### 3.10. DETERMINACIÓN DE ICA

Se emplea la siguiente fórmula

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Donde; ICA = índice Calidad del agua en forma global

$I_i$  = índice - calidad necesaria para el parámetro  $i$

$W_i$  = El Coeficiente de ponderación del parámetro  $i$

$n$  = Número total de parámetros medidos

**Fuente:** [http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/8/METODOLO](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/8/METODOLOGIA%20DAICA.docx)

[G%20DAICA.docx](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/8/METODOLOGIA%20DAICA.docx)

### 3.11. CRITERIOS DE CÁLCULO

La aplicación de cada una de las ecuaciones necesarias para realizar el cálculo del ICA por cada parámetro medido, a los datos de calidad del agua puede generar diferentes valores del ICA mayores a 100 o cercanos a 0, por lo que es necesario tomar en cuenta ciertos criterios a la hora de realizar el cálculo en la metodología, basados en el comportamiento matemático de las ecuaciones. ([://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/8/METODOLOG%C3%8DAICA.docx](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/8/METODOLOG%C3%8DAICA.docx))

En caso de que no exista ningún parámetro para el cálculo del ICA, la estación de monitoreo no se tomará en cuenta para el período de evaluación de donde no haya información.

El cálculo del ICA se realizará con los parámetros con que cuente la estación de monitoreo, en caso de que no existan todos los parámetros.

#### 3.11.1. ASIGNACIÓN DE VALORES

**Potencial de hidrógeno:** Para valores de pH menores a 6.7 se usará la ecuación 2a; en el caso de que el pH sea mayor o igual a 6.7 y menor que 7.58 se aplicará la ecuación 2b. Cuando el pH sea mayor o igual a 7.58 se usará la ecuación 2c.

**Color:** Los datos de las concentraciones de color que se utilizarán en el cálculo serán de color verdadero. Para concentraciones menores a 2.018 unidades de Pt-Co se asignará el valor de ICA igual a 100.

**Turbiedad:** Para concentraciones menores a 1.54 UTJ se asignará un valor de ICA de 100.

**Sólidos Totales disueltos:** Para concentraciones menores a 520 mg/l se asigna un valor de ICA de 100, y para concentraciones mayores a 6234 mg/l se debe asignar un valor de cero.

**Alcalinidad:** Para concentraciones menores de 1.3 se asigna un ICA de 100.

**Dureza total:** Para concentraciones mayores a 2500 mg/l se asignará un ICA de cero.

**Nitrógeno de nitratos:** Se asigna un valor de ICA de 100 para concentraciones menores a 4.097 mg/l.

**Nitrógeno amoniacal:** Para concentraciones menores de 0.11 mg/l se asigna un ICA de 100.

**Fosfatos totales:** Se asigna un valor de ICA de 100 para concentraciones menores o iguales a 0.0971 mg/l.

**Oxígeno disuelto:** El oxígeno se disuelve en el agua por el intercambio al contacto del aire con la superficie del agua, hasta alcanzar el punto de saturación y como regla química general a una temperatura determinada. A la temperatura de 0°C el punto de saturación del oxígeno disuelto es de 14.6 ppm es decir a bajas temperaturas mayor concentración de oxígeno disuelto, esta concentración disminuye al aumentar la temperatura del agua, de manera que a 15°C la concentración de saturación del oxígeno disuelto es de 10 ppm. Tomado de Internet.

(<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/8/METODOLOG%C3%8DAICA.docx>)

**Demanda bioquímica de oxígeno:** Se asigna un ICA de 100 para concentraciones menores o iguales a 1.311 mg/l. Tomado de Internet  
(<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/8/METODOLOG%C3%8DAICA.docx>)

**Coliformes totales:** Cuando se tiene un valor de coliformes totales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100. Tomado de Internet (<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/8/METODOLOG%C3%8DAICA.docx>)

**Coliformes fecales:** Cuando se tiene un valor de coliformes fecales de 0 NMP/100 ml, se asigna un índice de 100. Tomado de Internet (<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6147/8/METODOLOG%C3%8DAICA.docx>).

### 3.12. REMPLAZO DE VALORES PARA CÁLCULO DE ICA

Una vez asignado los valores, se multiplica cada uno por el factor de ponderación o peso  $W_i$ , tomando como ejemplo la tabla 7, donde se puede ver el resultado de pH con un índice de 100, multiplicado por el coeficiente de 1, nos da un valor de 100, el mismo que será sumado a las demás multiplicaciones del resto de parámetros.

**Tabla 6. Ejemplo del Reemplazo de Valores para el Cálculo de ICA Global**

| RESULTADOS    | Coeficiente $W_i$ | I          | $I \cdot W$ |
|---------------|-------------------|------------|-------------|
| PH            | 1                 | 100,0      | 100,0       |
| OD            | 5                 | 83,0       | 415,0       |
| COLIFORMES F. | 4                 | 40,9       | 163,6       |
| SUMA          | 10                |            | 678,6       |
|               |                   | ICA GLOBAL | 67,86       |

El ICA, en este ejemplo se calcula de la sumatoria total que nos da **678,6** dividida para la sumatoria total de los valores de coeficiente de Ponderación  $W_i$ , que es **10**, resultando un valor de **67,86** que dentro de las consideraciones de Brown, es un ecosistema poco contaminado.

### **3.13. Materiales para recolección de MAIA**

- Botas
- Cuaderno de apuntes
- Frascos de vidrio con tapa
- Alcohol al 70%
- Red Sorber
- Fundas plásticas negras
- Cooler
- Guantes

### **3.14. Elaborar una malla sorber**

Elabore un par de marcos, con platinas o varillas de metal, de 30 o por 30 centímetros de ancho; únalos por uno de sus lados formando una L. Al primer marco colóquelo una red en forma de cono de 40 a 45 centímetros de profundidad. Esta red o malla puede ser de nylon, plástico o tela muy fina, pero resistente, y con un ojo de red o malla de 0,5 a 1 milímetro.



**Fig. 3. Malla sorber**

### **3.15. Toma de Muestra de MAIA**

- Una vez seleccionado el punto de muestreo, proceda a realizar un barrido con la red surber, las piedras, troncos deben quedar en la puerta d entrada de la malla.
  
- En contra corriente realice un lavado de las piedras y material que se encuentre para que los organismos se depositen en la malla.
  
- Cierre cuidadosamente la malla y procede a realizar un enjuague en las paredes exteriores, para que se desprenda cualquier organismo y se deposite al fondo.
  
- Luego retire el contenido y guárdelo en un envase.
  
- Aplique alcohol al 70% para conservar la muestra.

### **3.16. Identificación de MAIA**

- Separe las muestras etiquetadas por punto de muestreo.
- Saque los macroinvertebrados de cada uno de los frascos, sin mezclarlos, y colóquelos en un recipiente plano y limpio (una caja Petri), con un poco de alcohol o agua, para que los pueda distinguir mejor.
- Utilice el estereoscopio y separe los organismos en grupos por semejanza.
- Con la ayuda de la lámina de identificación agrupe los individuos que se parecen entre sí, identifique a qué grupo pertenecen y cuente cuántos individuos tiene cada grupo. Repita este proceso con los macroinvertebrados recogidos en otros frascos.

## 4. RESULTADOS

Se realizaron 2 monitoreos mensuales desde Enero a Septiembre en el año 2013, en 4 estaciones fijas en la Represa San Vicente - Colonche. Para poder realizar los cálculos necesarios de ICA en cada estación de monitoreo durante la investigación, se promediaron los valores de los datos obtenidos de cada mes en cada uno de los parámetros medidos.

En cuanto a MAIA, se realizó un monitoreo mensual de cada una de las 4 estaciones durante los 9 meses de monitoreo que duro la investigación, se identificó y contabilizo el total de macroinvertebrados acuáticos para poder realizar el índice ETP y clasificar la calidad de agua de cada una de las estaciones.

Los parámetros fisicoquímicos y biológicos de cada una de las 4 estaciones fueron monitoreados el mismo día y a horarios similares durante los 9 meses de investigación, para revisar los valores medidos y calculados ver **Anexos, Tablas de cálculos.**

**Tabla 7. Parámetros globales Físicoquímicos de la Estación 1.**

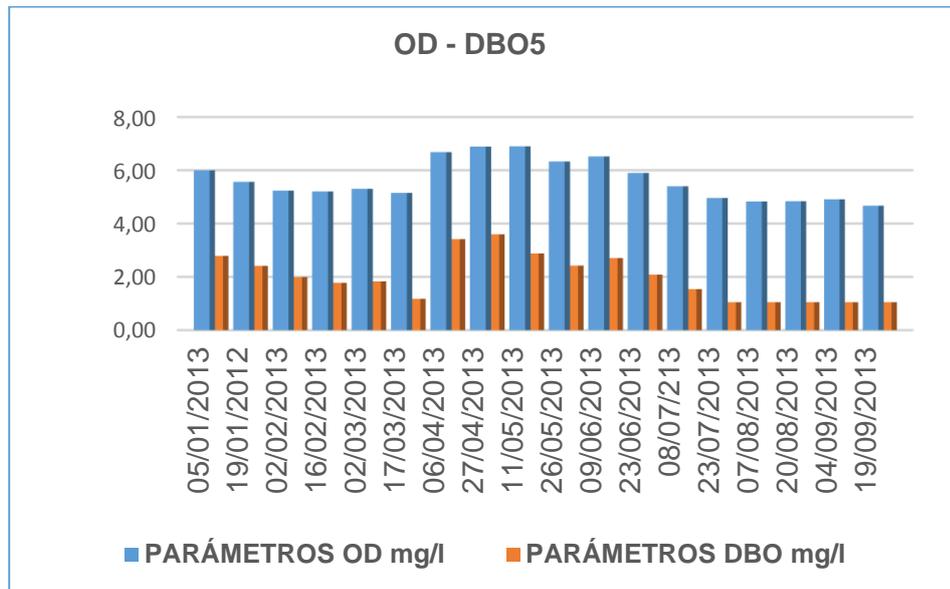
| FECHA      | PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA REPRESA DE SAN VICENTE ESTACIÓN 1 |       |          |           |           |       |       |      |           |              |             |
|------------|---|-------|----------|-----------|-----------|-------|-------|------|-----------|--------------|-------------|
|            | OD  | DBO 5 | Turbidez | Col. Tot. | Col. Fec. | STD   | °c    | pH   | Salinidad | Fosf. (mg/l) | Nit. (mg/l) |
| Enero      | 5,78  | 2,60  | 0,725    | 21        | 9         | 0,507 | 26,75 | 8,71 | 0,57      | 0,04         | 3           |
| Febrero    | 5,22  | 1,88  | 0,65     | 31,5      | 23        | 0,708 | 26,20 | 8,74 | 0,58      | 0,1          | 4           |
| Marzo      | 5,23  | 1,50  | 0,55     | 38        | 25,5      | 0,705 | 26,30 | 8,77 | 0,58      | 0,16         | 6           |
| Abril      | 6,79  | 3,50  | 0,425    | 162,5     | 135       | 0,734 | 27,50 | 8,82 | 0,58      | 0,17         | 5,5         |
| Mayo       | 6,61  | 2,65  | 0,42     | 199       | 195       | 0,774 | 27,50 | 8,84 | 0,59      | 0,23         | 6,5         |
| Junio      | 6,21  | 2,40  | 0,39     | 215       | 210       | 0,816 | 26,26 | 9,02 | 0,62      | 0,24         | 8           |
| Julio      | 5,18  | 1,29  | 0,375    | 263,5     | 259,5     | 0,831 | 26,32 | 8,80 | 0,64      | 0,3          | 9           |
| Agosto     | 4,83  | 0,94  | 0,35     | 303,5     | 303       | 0,865 | 26,61 | 8,51 | 0,64      | 0,29         | 10          |
| Septiembre | 4,80  | 1,81  | 0,3      | 306       | 300       | 0,879 | 25,32 | 8,57 | 0,66      | 0,29         | 11          |

\*

Los valores en la tabla 7, son los datos finales luego de realizar los respectivos cálculos de cada uno de los parámetros físicoquímicos, los valores van aumentando y disminuyendo conforme la represa va sufriendo cambios en su cuerpo de agua.

El valor más alto en oxígeno y DBO fueron medidos el mes de abril, producto de ciertas precipitaciones presentes ese mes de investigación.

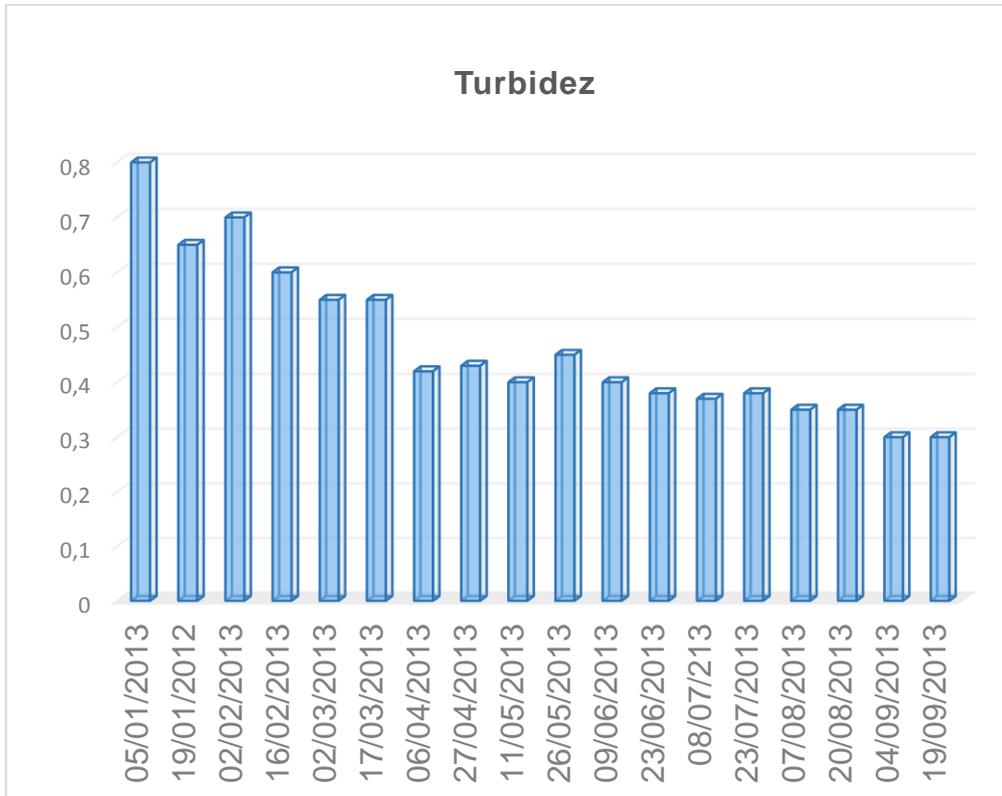
**\*Estos valores fueron promediados de 2 monitoreos realizados cada mes.**



**Gráfico 1. Comportamiento del oxígeno disuelto y la demanda biológica de oxígeno E1.**

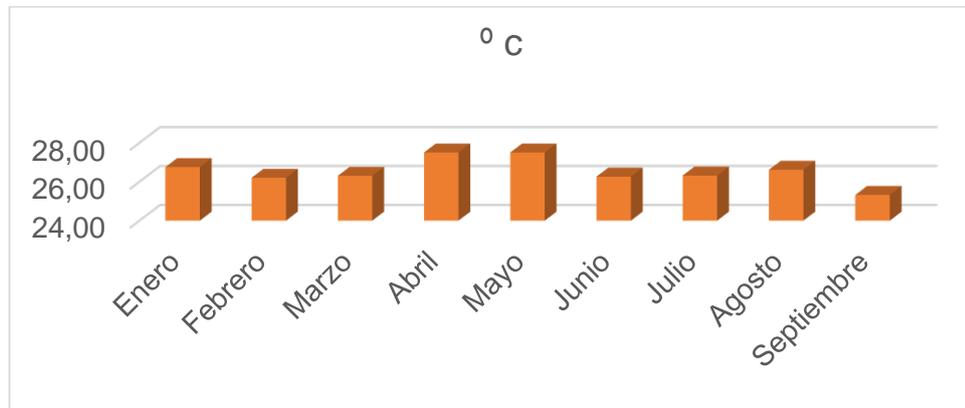
Cuando incrementan los valores de OD calculado también se incrementa la demanda biológica de oxígeno y decrece cuando el OD baja sus niveles, es el resultado graficado de 2 monitoreos mensuales durante 9 meses de investigación.

Desde el mes de abril se puede apreciar un incremento de estos dos parámetros hasta el mes de marzo en donde se aprecia un deceso en los niveles calculados.



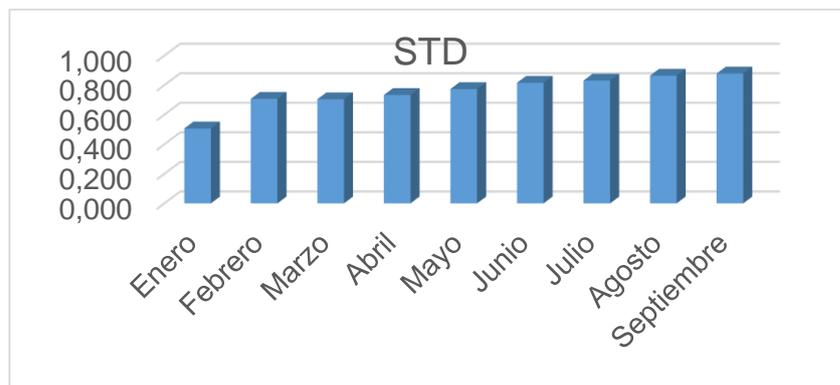
**Gráfico 2. Niveles de turbidez medidas con el disco Secchi E1.**

Las niveles de turbidez medidos en centímetros en la E1 empiezan a decrecer conforme pasan las semanas, de los 9 meses monitoreados en Enero se aprecia una turbidez que permite visualizar el disco secchi a 80 cm y la menor profundidad de visualización se encuentra en el mes de septiembre con aprox. 30 cm.



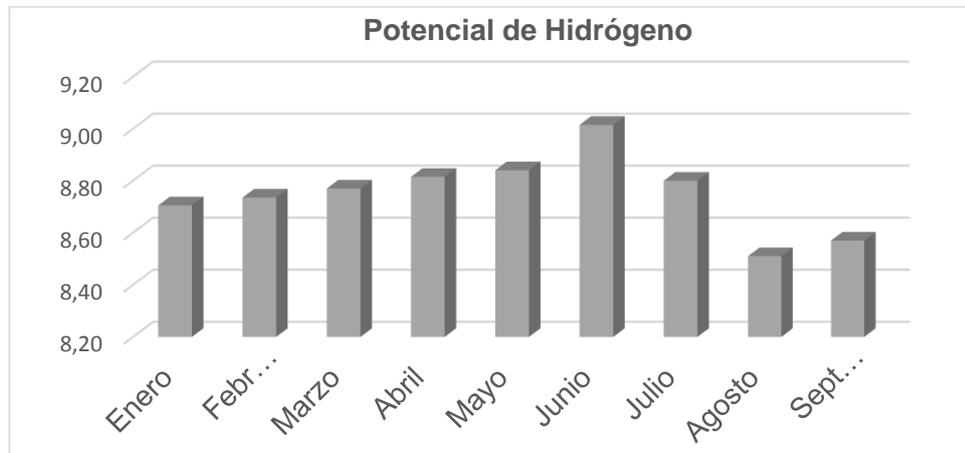
**Gráfico 3. Valores de temperatura de cada mes de investigación E1.**

Los valores de temperatura son graficados de forma mensual ya que no existe mucha diferencia en cada monitoreo quincenal, se registra las mayores temperaturas en abril y mayo cerca de 28 ° c y la menor temperatura en el mes de septiembre.



**Gráfico 4. Valores medidos de sólidos totales disueltos E1.**

Los STD presentan un incremento rítmico desde enero con un valor q va de 500 a más de 800.



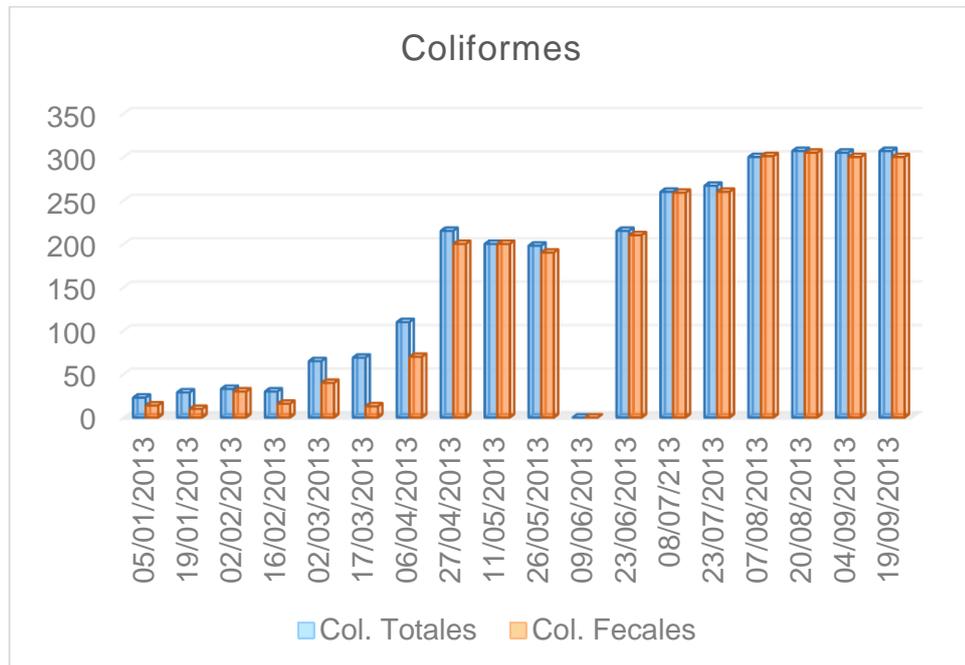
**Gráfico 5. Valores medidos de pH en la E1.**

Se presenta un gráfico de cada mes ya que los valores no cambian significativamente cada quincena de monitoreo, se registra un pH máximo de 9 en el mes de junio y uno mínimo de 8,50 en el mes de agosto.



**Gráfico 6. Valores medidos de sólidos totales disueltos E1.**

Se aprecia como la salinidad va aumentando gradualmente en cada mes de monitoreo teniendo la mayor salinidad mediada en el mes de septiembre.

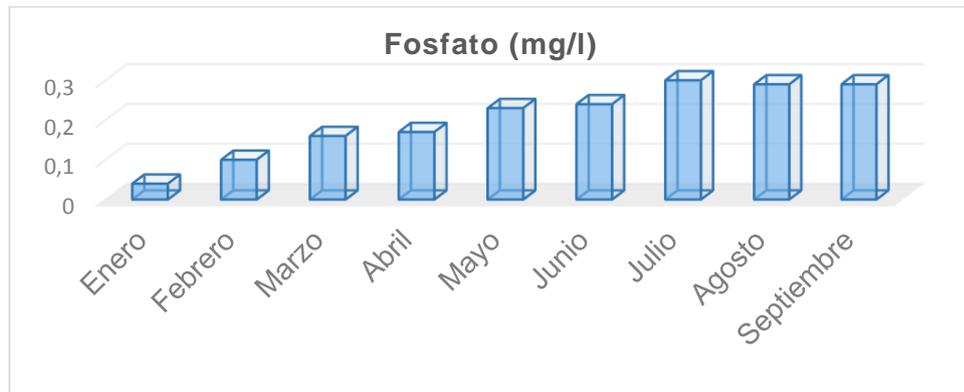


**Gráfico 7. Gráfico global de Coliformes totales y fecales E1.**

Se puede apreciar que la diferencia es mínima entre coliformes fecales y totales los últimos meses de investigación, los primeros meses presentan una diferencia marcada entre los números de coliformes contados.

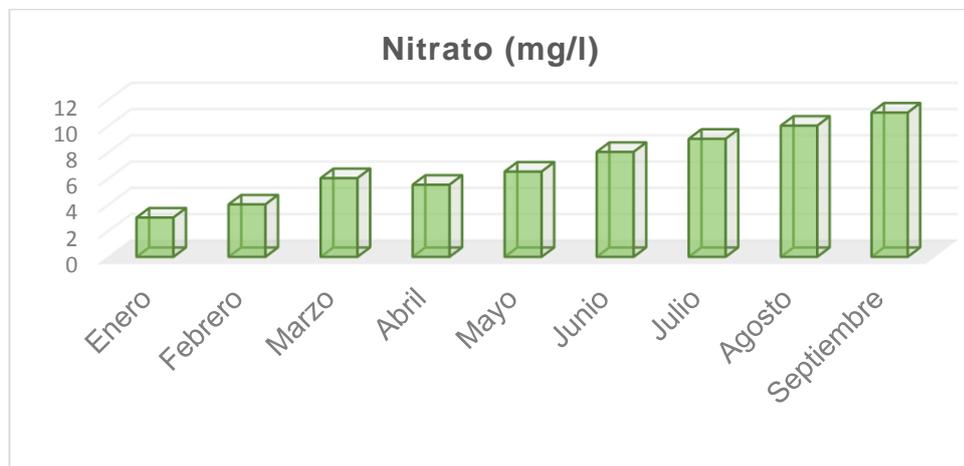
En el primer monitoreo del mes de junio no pudo ser procesada la muestra por lo que la gráfica lo representa en 0.

Se aprecia un crecimiento uniforme conforme van pasando los meses de investigación y la repesa va perdiendo su cota de agua.



**Gráfico 8. Gráfico global de valores de fosfato E1.**

El nivel de fosfato incrementa al igual que los demás parámetros medidos, llegando a los niveles más altos desde el mes de julio a septiembre con 0,30 mg/l. y el nivel más bajo se presenta en el mes de enero con 0,05 mg/l.



**Gráfico 9. Gráfico global de valores de Nitrato E1.**

Se presenta solo los valores mensuales, se aprecia el incremento que va desde los 4 mg/l en el mes de enero hasta los 12 mg/l en septiembre.

**Tabla 8. Parámetros Fisicoquímicos globales de la Estación 2.**

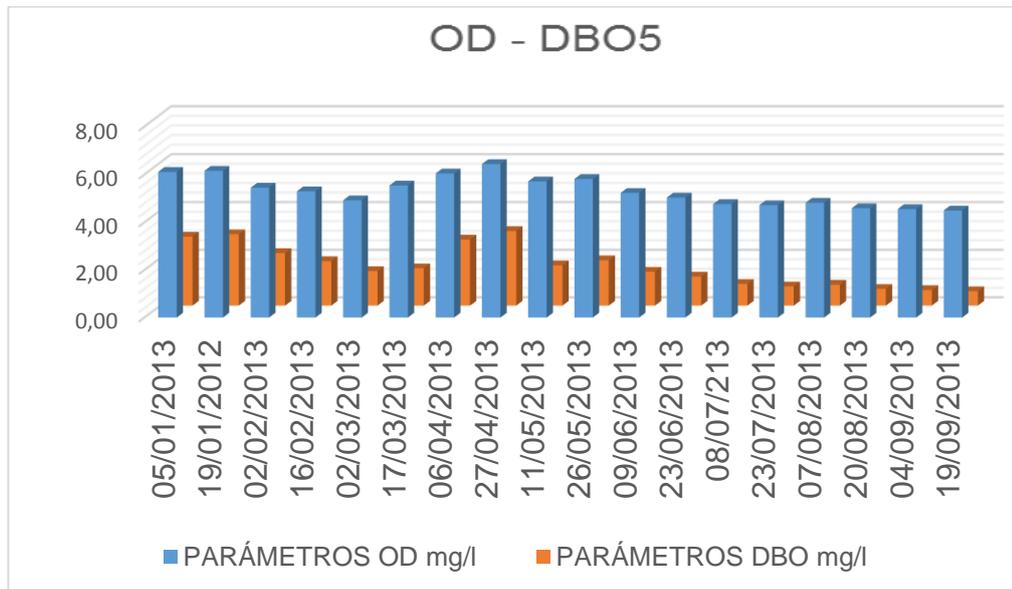
| FECHA      | PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA REPRESA DE SAN VICENTE ESTACIÓN 2 |       |          |           |           |       |    |      |           |                |                |
|------------|---|-------|----------|-----------|-----------|-------|----|------|-----------|----------------|----------------|
|            | OD  | DBO 5 | Turbidez | Col. Tot. | Col. Fec. | STD   | °c | pH   | Salinidad | Fosfato (mg/l) | Nitrato (mg/l) |
| Enero      | 6,14  | 2,95  | 0,70     | 27        | 21        | 0,711 | 27 | 0,60 | 0,57      | 0,04           | 3              |
| Febrero    | 5,38  | 2,04  | 0,73     | 36        | 24        | 0,729 | 27 | 8,74 | 0,58      | 0,04           | 4,8            |
| Marzo      | 5,24  | 1,51  | 0,61     | 63        | 42        | 0,759 | 27 | 8,76 | 0,58      | 0,09           | 5              |
| Abril      | 6,24  | 2,96  | 0,45     | 86        | 84        | 0,790 | 27 | 8,83 | 0,58      | 0,15           | 6              |
| Mayo       | 5,77  | 1,80  | 0,43     | 110       | 90        | 0,811 | 26 | 8,84 | 0,59      | 0,18           | 7              |
| Junio      | 5,14  | 1,32  | 0,41     | 111       | 103       | 0,832 | 26 | 8,75 | 0,62      | 0,23           | 9              |
| Julio      | 4,75  | 0,86  | 0,35     | 253       | 246       | 0,854 | 26 | 8,78 | 0,64      | 0,26           | 11             |
| Agosto     | 4,71  | 0,79  | 0,33     | 301       | 270       | 0,863 | 26 | 8,96 | 0,65      | 0,30           | 10             |
| Septiembre | 4,53  | 0,63  | 0,33     | 302       | 271       | 0,879 | 26 | 8,96 | 0,65      | 0,31           | 12             |

\*\*

La estación 2, presenta valores muy parecidos a la primera estación de la que se encuentra en línea recta, aprox. a 1150 m. se puede visualizar el incremento de oxígeno disuelto en el agua en el mes de abril y de la misma manera el incremento en la DBO5 el mismo mes.

El número de coliformes fecales aumenta y el nivel de agua en la represa sigue bajando a medida que pasan los meses.

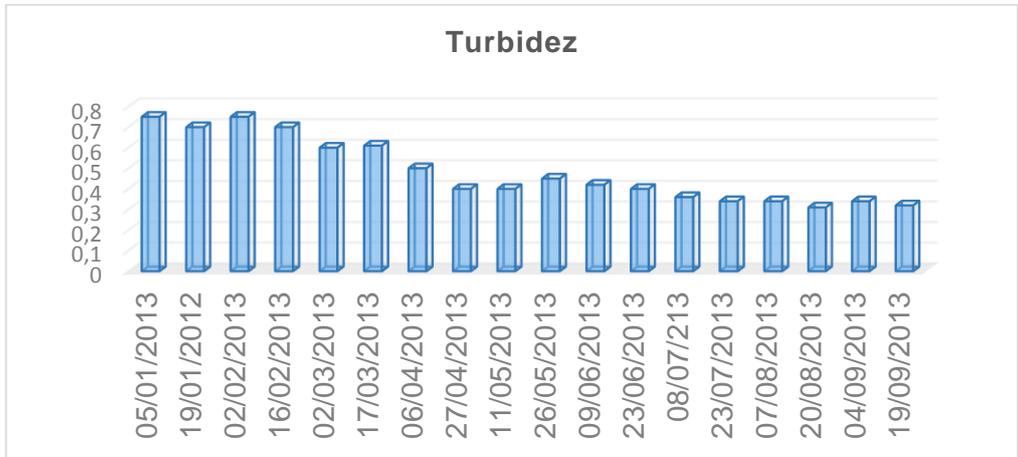
\*Estos valores fueron promediados de 2 monitoreos realizados cada mes.



**Gráfico 10. Comportamiento de OD y DBO5 de la E2.**

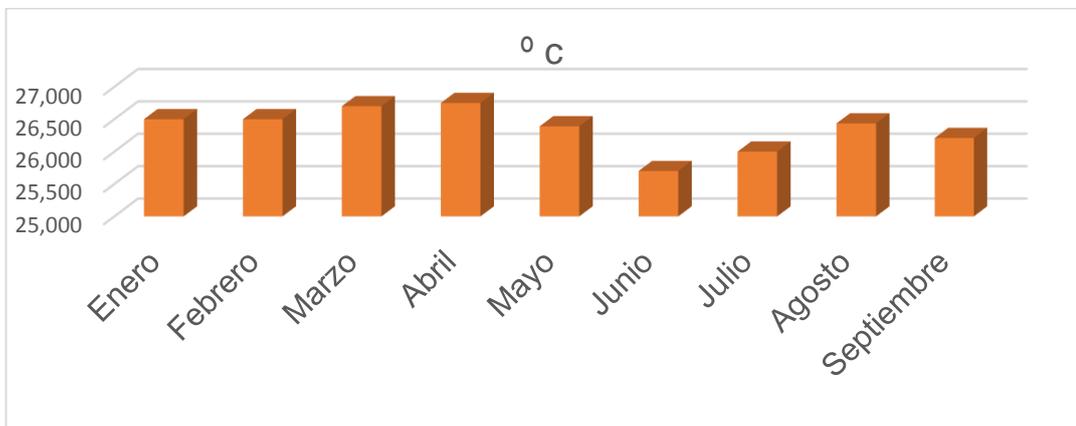
Se aprecia un comportamiento similar en cuanto al consumo de oxígeno en 5 días, a mayores niveles de oxígeno disuelto mayor demanda biológica de oxígeno se encuentra presente.

Los niveles de DBO decaen en los últimos meses llegando a valores de 0,60 mg/l de consumo. El nivel de OD aumenta en los meses de abril y mayo y luego continúa con su curva decreciente.



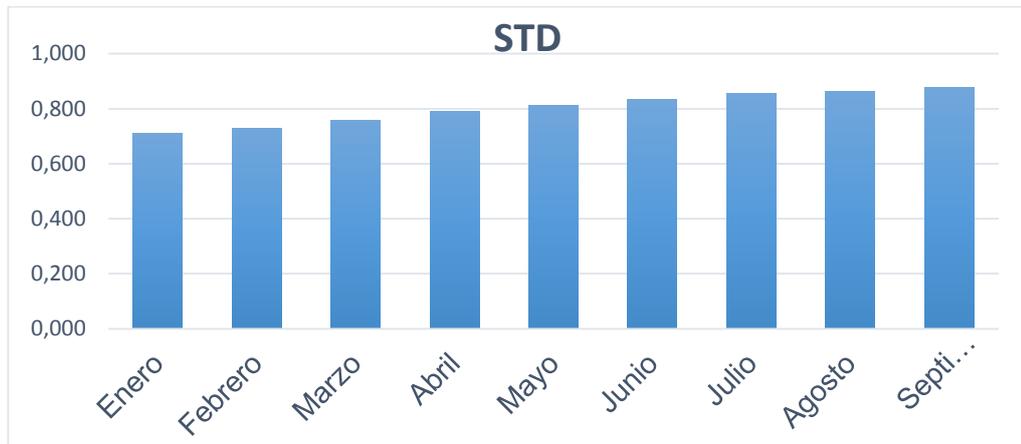
**Gráfico 11. Niveles de turbidez medidos con el disco Secchi E2.**

Los niveles de turbidez decrecen en los últimos meses de monitoreo, el valor más bajo se lo midió en el mes de septiembre con poco más de 30 centímetros.



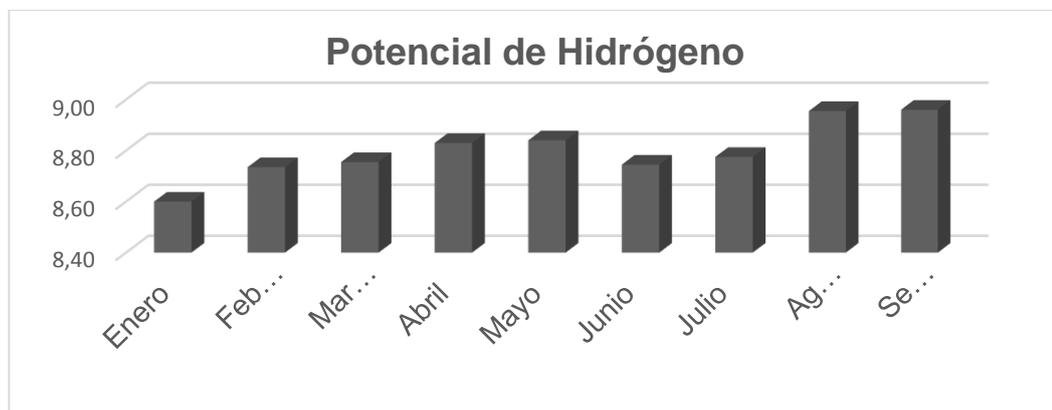
**Gráfico 12. Valores de temperatura de cada mes de investigación E2.**

La temperatura más baja fue tomada el mes de junio, con 25,7 ° c y las más altas los primeros meses con un pico de 27 ° c.



**Gráfico 13. Valores medidos de sólidos totales disueltos E2.**

En este gráfico puede apreciar que existe un incremento gradual en los sólidos totales disueltos, comenzando el primer mes con un valor de 700 y terminando en septiembre con más de 800.



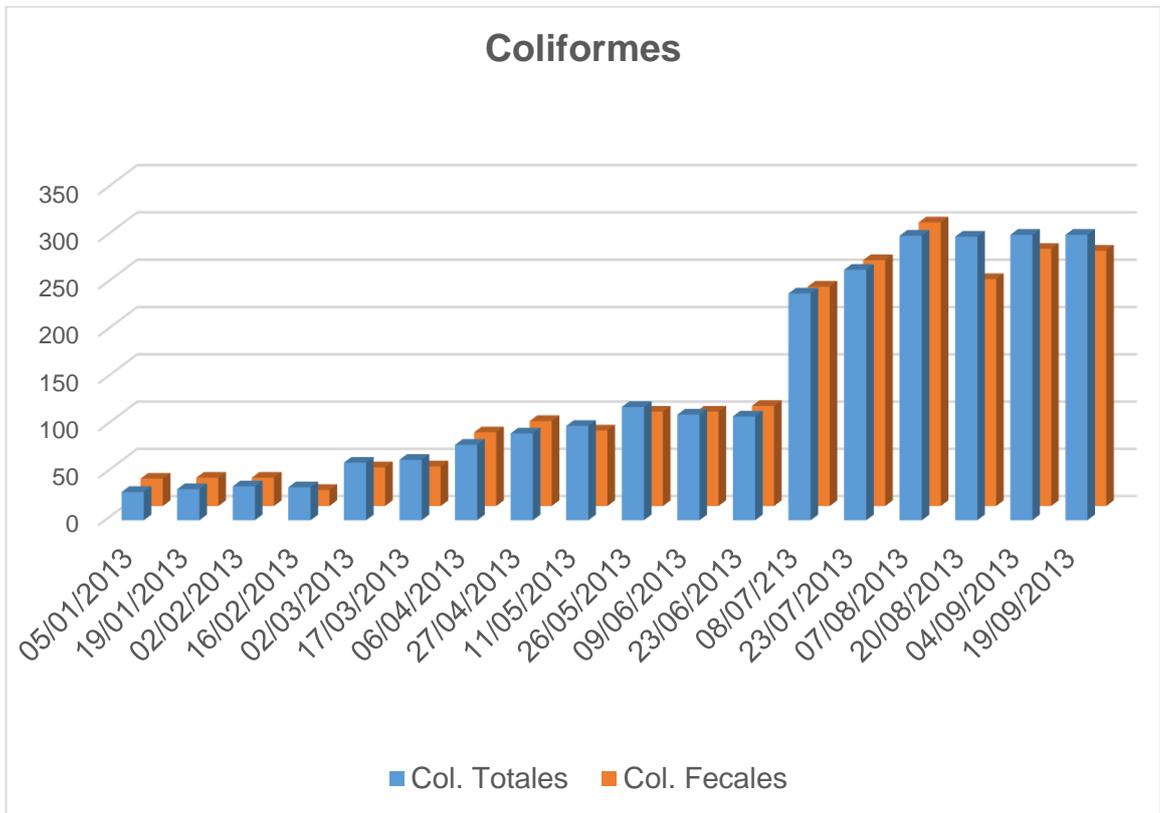
**Gráfico 14. Valores medidos de pH en la E2.**

El nivel de pH incrementa en los últimos meses, llegando a niveles muy cercanos a 9, los valores más bajos se los encontró los primeros meses.



**Gráfico 15. Valores medidos de salinidad E2.**

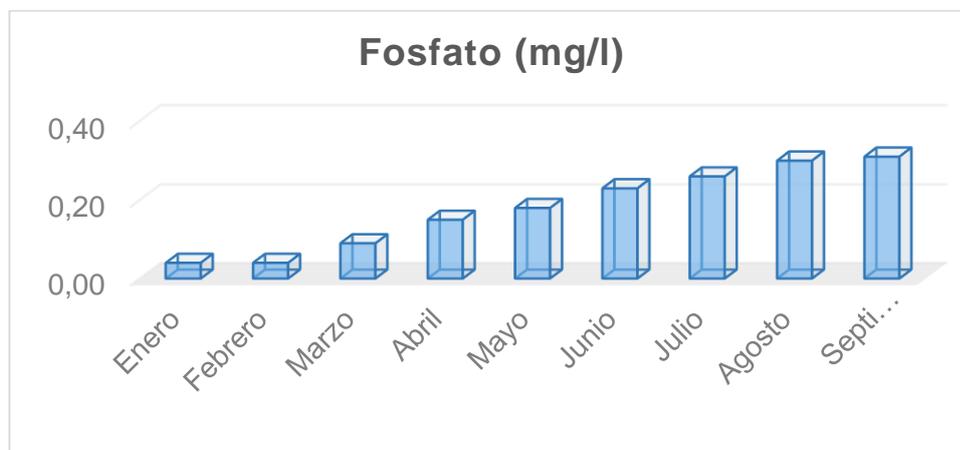
Se aprecia un aumento en los niveles de salinidad muy parecido a lo que ocurre en la estación 1, los valores más altos se midieron los últimos meses, y los más bajos los primeros meses de monitoreo.



**Gráfico 16. Gráfico global de Coliformes totales y fecales E2.**

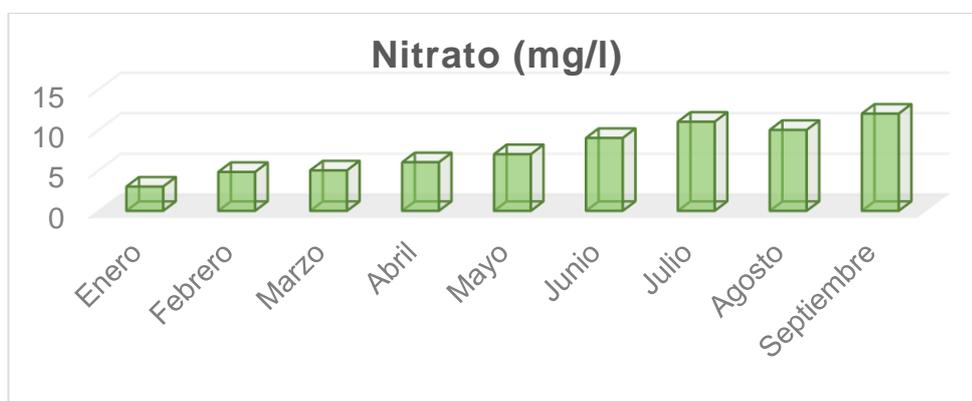
Se puede revisar en el gráfico 16, el número de coliformes durante los 9 meses de investigación, los valores aumentan considerablemente los últimos meses de monitoreo.

Los primeros meses, se contabiliza números inferiores a 50, a partir del mes de julio a septiembre los valores incrementan hasta 300.



**Gráfico 17. Gráfico global de valores de fosfato E2.**

Los niveles de fosfato tiene un comportamiento similar a lo niveles de la 1era estación, el valor más alto fue medido el mes de septiembre con 0,31 mg/l y el más bajo en enero con 0,04 mg/l.



**Gráfico 18. Gráfico global de valores de nitrato E2.**

El valor más bajo de nitrato fue calculado en enero con menos de 5 mg/l y el valor más alto el último mes con 12 mg/l en ésta estación.

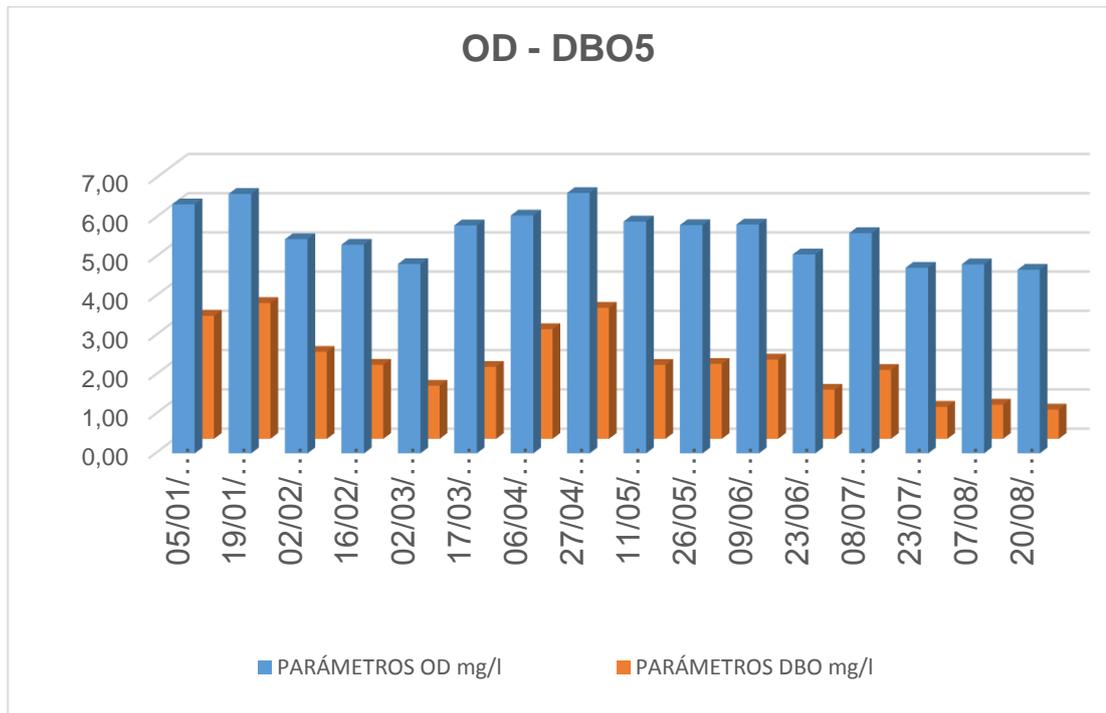
**Tabla 9. Parámetros Físicoquímicos globales de la Estación 3**

| FECHA      | PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA REPRESA DE SAN VICENTE ESTACIÓN 3 |       |          |           |           |       |       |      |           |              |             |
|------------|---|-------|----------|-----------|-----------|-------|-------|------|-----------|--------------|-------------|
|            | OD  | DBO 5 | Turbidez | Col. Tot. | Col. Fec. | STD   | °c    | pH   | Salinidad | Fosf. (mg/l) | Nit. (mg/l) |
| Enero      | 6,48  | 3,30  | 0,70     | 26,00     | 15        | 0,715 | 26,75 | 8,71 | 0,57      | 0,04         | 5,00        |
| Febrero    | 5,39  | 2,05  | 0,68     | 35,00     | 31        | 0,728 | 26,70 | 8,74 | 0,58      | 0,11         | 5,00        |
| Marzo      | 5,32  | 1,59  | 0,58     | 75,00     | 56        | 0,759 | 26,50 | 8,76 | 0,58      | 0,16         | 7,00        |
| Abril      | 6,35  | 3,06  | 0,40     | 89,00     | 80        | 0,789 | 26,50 | 8,83 | 0,58      | 0,17         | 8,00        |
| Mayo       | 5,86  | 1,90  | 0,43     | 108,00    | 100       | 0,841 | 26,74 | 8,84 | 0,59      | 0,25         | 10,00       |
| Junio      | 5,45  | 1,63  | 0,41     | 102,50    | 94        | 0,804 | 25,55 | 8,92 | 0,62      | 0,31         | 12,00       |
| Julio      | 5,17  | 1,28  | 0,41     | 161,50    | 160       | 0,832 | 26,00 | 8,85 | 0,64      | 0,33         | 12,00       |
| Agosto     | 4,75  | 0,81  | 0,34     | 193,50    | 190       | 0,849 | 26,23 | 8,87 | 0,64      | 0,38         | 13,00       |
| Septiembre |   |       |          |           |           |       |       |      |           |              |             |

\*\*

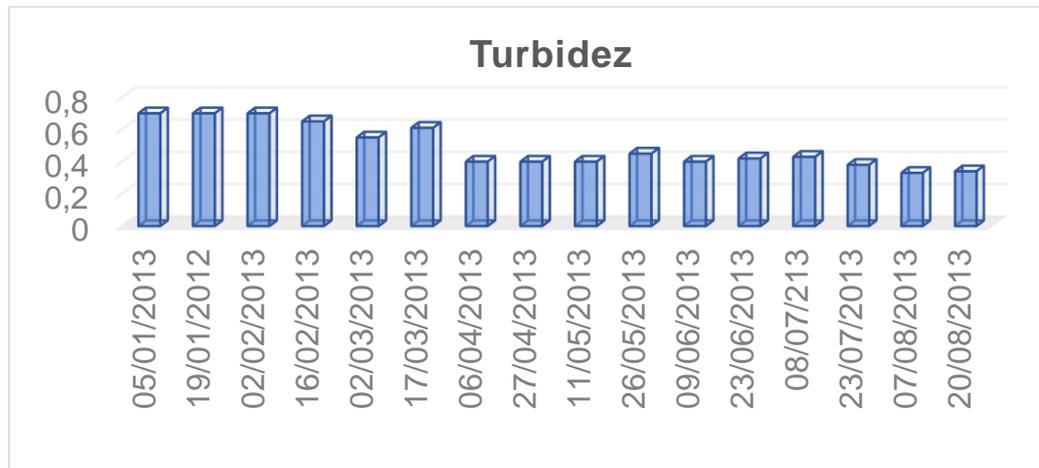
En la estación 3, los parámetros medidos presentan niveles muy parecidos a la demás estaciones, tiene una distancia aprox. de 1835 m. de la estación 2 y 1500 m. de la estación 1, esta estación presenta menor presencia de coliformes que las dos primeras estaciones. Los niveles de Oxígeno disuelto y la DBO5 también son similares a las otras estaciones.

\*\* No se obtuvo muestra el mes de septiembre por baja profundidad de agua.



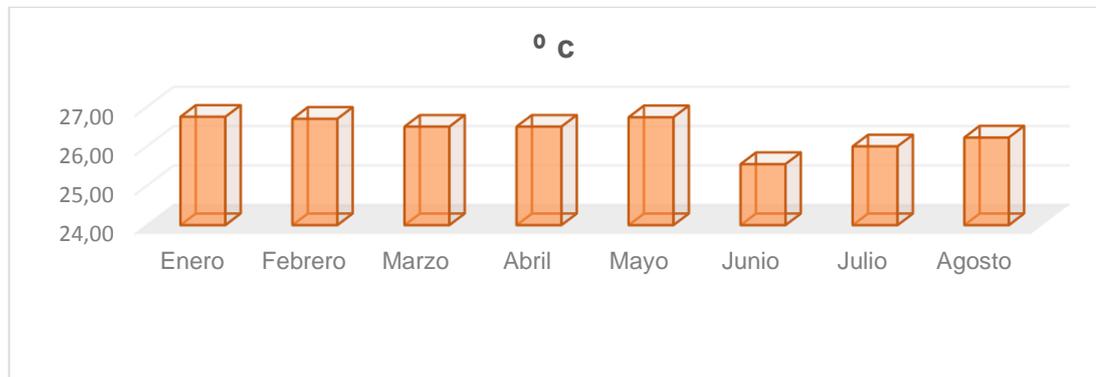
**Gráfico 19. Comportamiento de OD y DBO5 de la E3**

Presenta un comportamiento similar a las estaciones anteriores, en enero presenta un nivel alto de OD luego comienza a decaer en mes siguiente, en marzo los niveles comienza a subir nuevamente hasta un obtener un pico de 6,63 ml/l que es el nivel más alto medido en OD, y en este mes se aprecia un nivel más alto de demanda biológica de oxígeno con 3,34 mg/l. Los últimos meses presentan niveles bajos de estos dos parámetros.



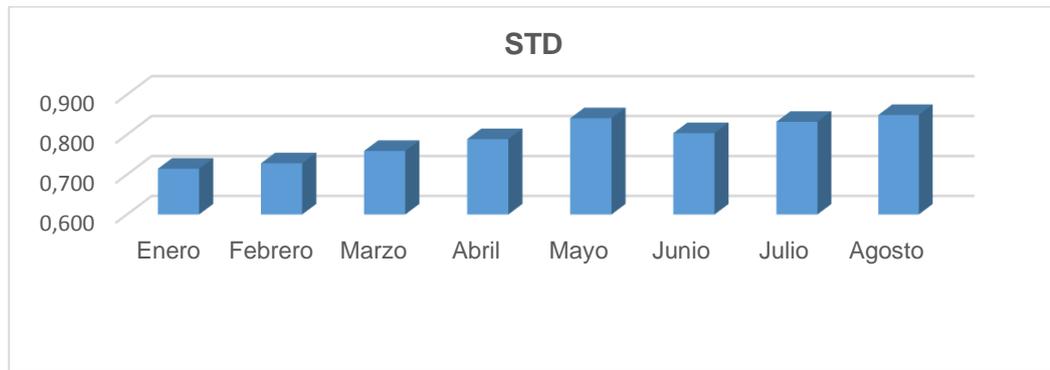
**Gráfico 20. Niveles de turbidez medidos con el disco Secchi E3**

La mejor visibilidad se presentó en el mes de enero, aproximadamente con 80 cm de profundidad, disminuyendo en los meses restantes hasta llegar a septiembre, con una profundidad de visión menor a los 40 cm.



**Gráfico 21. Valores de temperatura de cada mes de investigación E3**

Prácticamente se mantiene una temperatura constante sin mucho cambio que se maniéndose entre 27 ° c y 26 ° c en la estación 3.



**Gráfico 22. Valores medidos de sólidos totales disueltos E3**

Valores que incrementan gradualmente, muy relacionada la turbidez del espejo de agua, en esta estación también es notorio mucho sedimento suspendido en el cuerpo de agua.



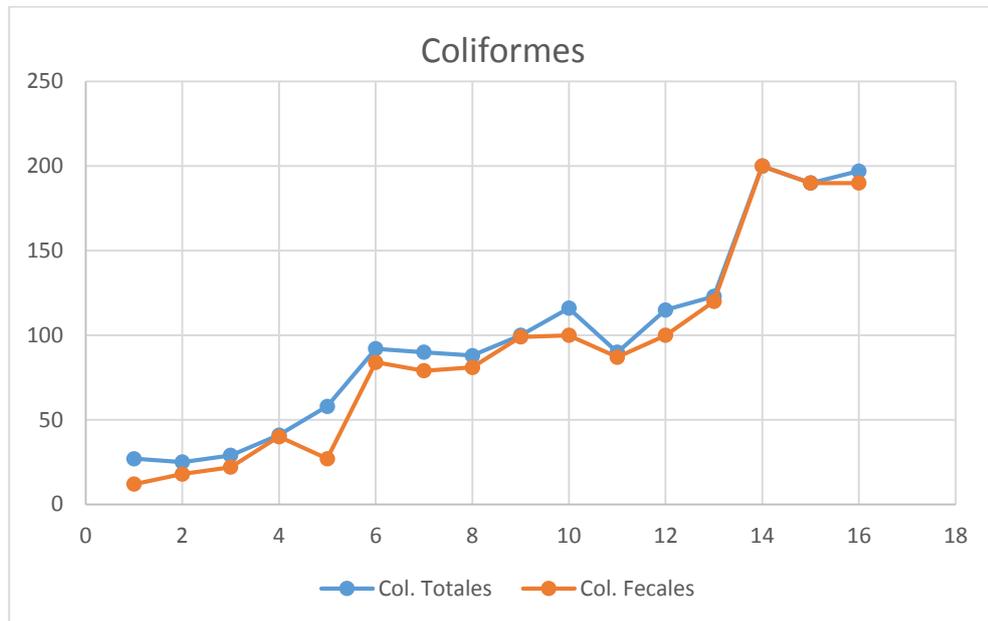
**Gráfico 23. Valores medidos de pH en la E3**

Durante toda la investigación presenta niveles que se encuentran entre 8 y 9 de pH, el valor más alto fue medido en el mes de junio superando los 8,90 de pH.



**Gráfico 24. Valores medidos de salinidad E3**

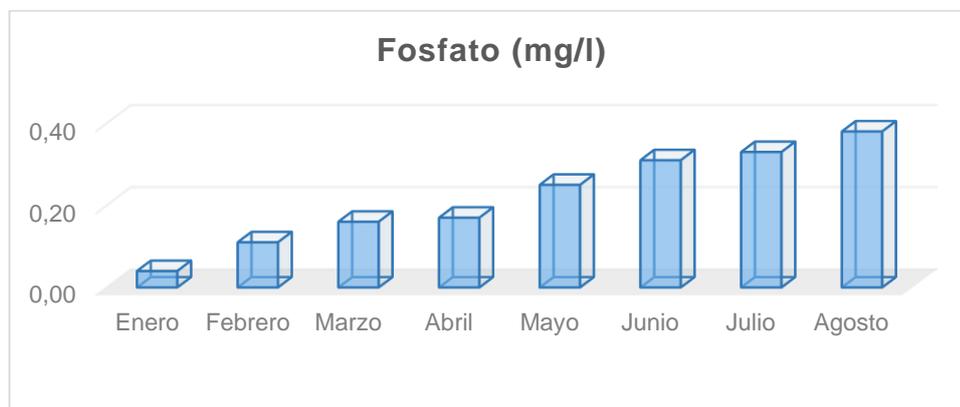
La salinidad presenta el mismo patrón que las dos estaciones anteriores, incrementando su rango los últimos meses de monitoreo, con valores no muy elevados entre cada sesión de monitoreo.



**Gráfico 25. Gráfico global de Coliformes totales y fecales E3.**

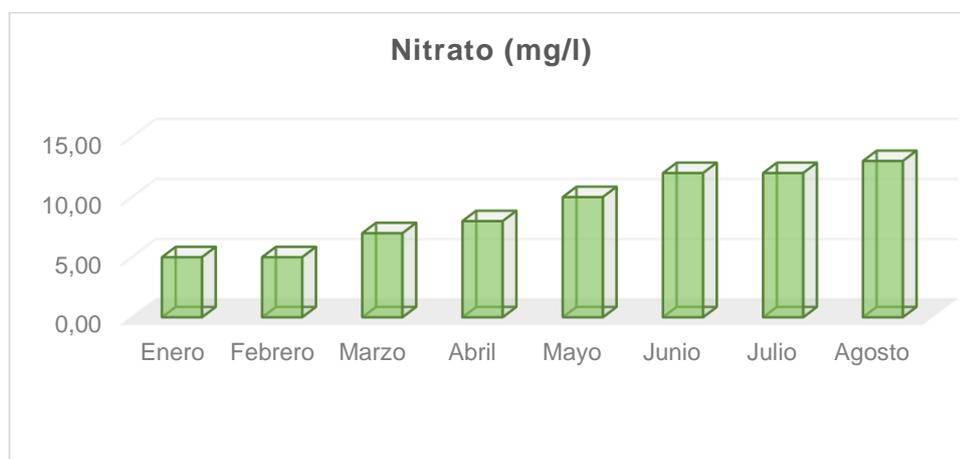
**En este gráfico de tendencias, podemos observar que el número de coliformes fecales es menor en los primeros muestreos, a partir del muestreo 9 los coliformes fecales aumentan igual que los coliformes totales, siendo la mayoría de la población de coliformes de origen fecal.**

**Se aplicó esta grafica de tendencias, ya que es esta estación se obtiene el menor número de coliformes fecales que las otras estaciones ya revisadas y así de esta manera podemos observar la línea de tendencia que refleja cada parámetro.**



**Gráfico 26. Gráfico global de valores de fosfato E3.**

El nivel de fosfato más alto en la estación 3 fue medido el mes de agosto con un valor cercano a 0,4 mg/l.



**Gráfico 27. Gráfico global de valores de nitrato E3.**

Esta estación presento 5 mg/l de nitrato el mes de enero y llego a 13 mg/l en el mes de agosto, no se obtuvo muestra en el mes de septiembre.

**Tabla 10. Parámetros Fisicoquímicos globales de la Estación 4**

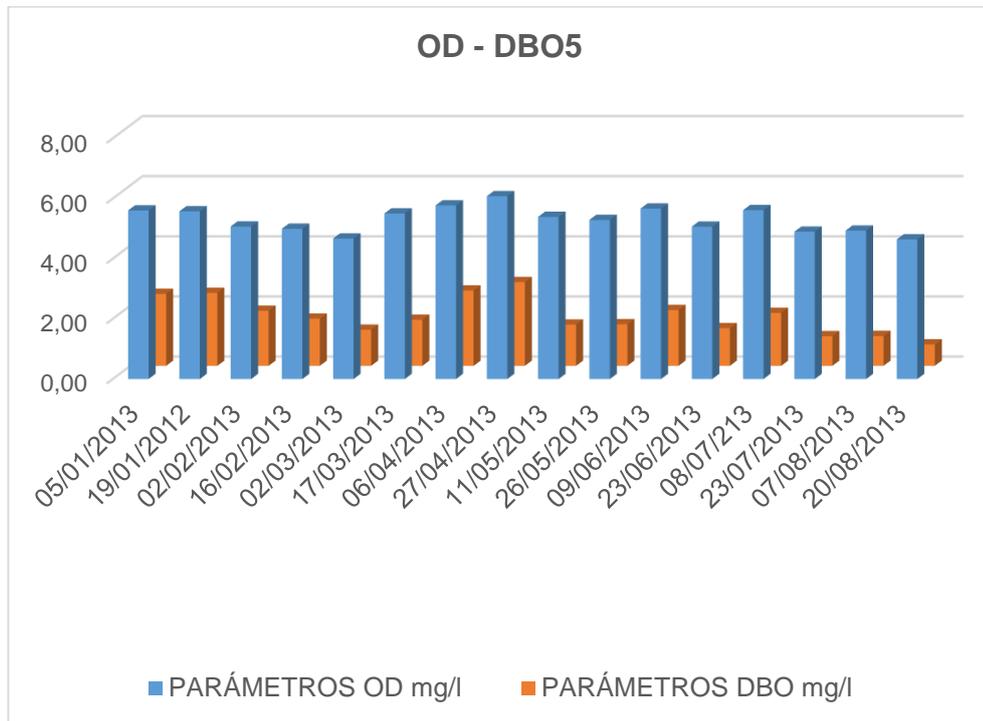
| FECHA      | PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LA REPRESA DE SAN VICENTE ESTACIÓN 4 |       |          |           |           |      |    |      |           |                |                |
|------------|---|-------|----------|-----------|-----------|------|----|------|-----------|----------------|----------------|
|            | OD  | DBO 5 | Turbidez | Col. Tot. | Col. Fec. | STD  | °c | pH   | Salinidad | Fosfato (mg/l) | Nitrato (mg/l) |
| Enero      | 5,59  | 2,41  | 0,75     | 18        | 11        | 0,67 | 27 | 8,71 | 0,57      | 0,05           | 4,00           |
| Febrero    | 5,03  | 1,70  | 0,70     | 52        | 35        | 0,71 | 26 | 8,74 | 0,58      | 0,14           | 4,00           |
| Marzo      | 5,09  | 1,37  | 0,60     | 63        | 48        | 0,70 | 27 | 8,77 | 0,58      | 0,21           | 6,00           |
| Abril      | 5,93  | 2,64  | 0,43     | 80        | 70        | 0,74 | 27 | 8,82 | 0,58      | 0,29           | 7,00           |
| Mayo       | 5,34  | 1,38  | 0,45     | 111       | 101       | 0,76 | 27 | 8,84 | 0,58      | 0,32           | 9,00           |
| Junio      | 5,37  | 1,55  | 0,38     | 105       | 105       | 0,81 | 26 | 9,28 | 0,63      | 0,38           | 10,00          |
| Julio      | 5,26  | 1,37  | 0,35     | 140       | 123       | 0,85 | 26 | 8,78 | 0,64      | 0,39           | 9,00           |
| Agosto     | 4,79  | 0,85  | 0,32     | 171       | 171       | 0,87 | 26 | 8,96 | 0,65      | 0,39           | 12,00          |
| Septiembre |   |       |          |           |           |      |    |      |           |                |                |

\*\*

La estación 4 se encuentra a una distancia aprox. de 1098 m. de la estación 3 y 1849 m. de la estación 1. Presenta valores muy parecidos en los parámetros fisicoquímicos de las otras estaciones, presenta el valor más bajo en coliformes medidos en todas las estaciones.

A lo igual que la estación 3 no se pudo tomar muestras en el mes de septiembre, ya que las condiciones de profundidad no son las óptimas para el análisis de las mismas.

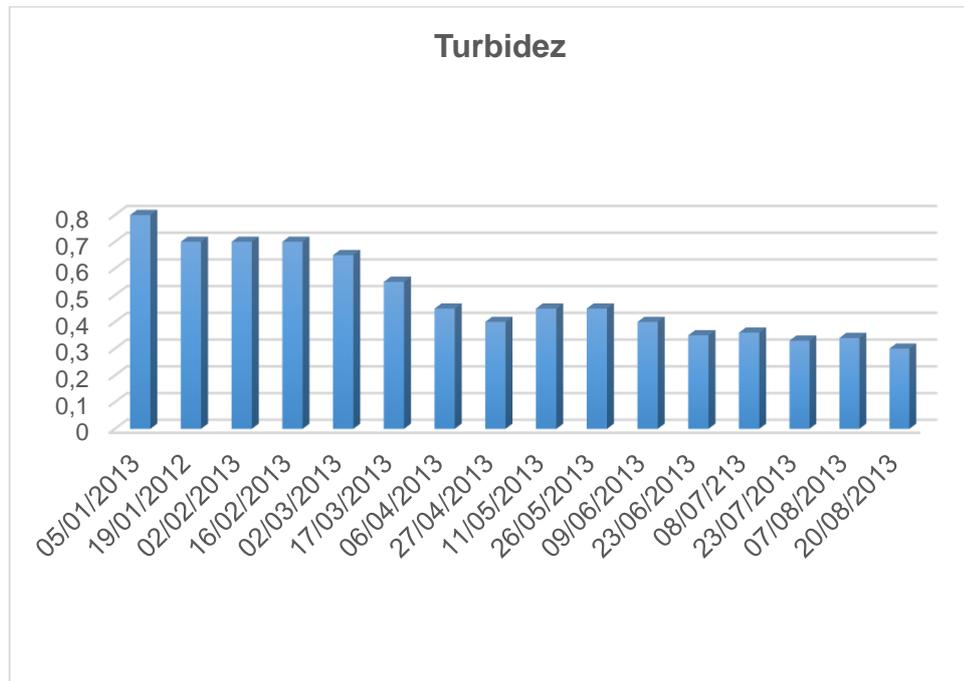
**\*\* No se obtuvo muestra el mes de septiembre por baja profundidad de agua.**



**Gráfico 28. Comportamiento de OD y DBO5 de la E4.**

La estación 4 a lo igual que las otras estaciones presenta un incremento de OD, en el mes de abril, similar a las demás estaciones y presenta niveles constantes de OD en los últimos meses, con una tasa de perdida de nivel de OD muy baja.

La DBO5 se comporta igual que en las demás estaciones, a mayor OD en el medio, mayor es la DBO5.



**Gráfico 29. Niveles de turbidez medidos con el disco Secchi E4.**

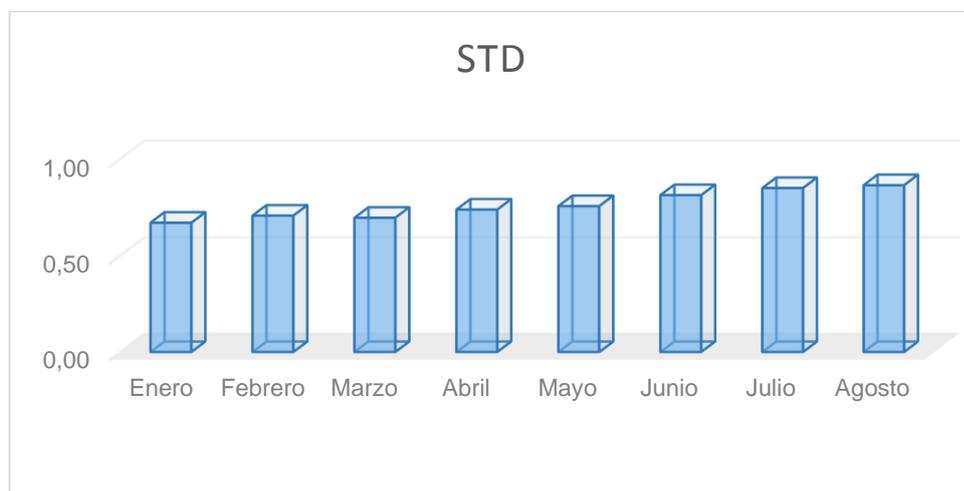
La profundidad de visibilidad en la estación 4, tiene un comportamiento similar a las otras estaciones, presenta, una profundidad de visibilidad máxima de aprox. 80 cm, luego decrece hasta un valor de 30 cm de visibilidad en el último mes de investigación.

La coloración del agua el último mes refleja una muchos sedimentos suspendidos y disueltos en el cuerpo de agua, a este punto es necesario realizar varias veces el proceso de filtración de la muestra para poder realizar las mediciones de los parámetros químicos.



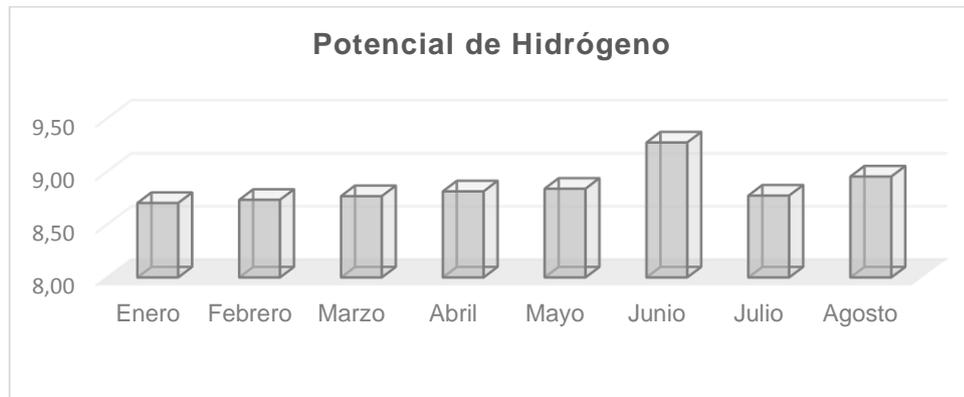
**Gráfico 30. Valores de temperatura de cada mes de investigación E4.**

La temperatura del agua es similar a las demás estaciones, casi no cambia mucho, se mantiene a una misma temperatura el cuerpo de agua, la incidencia del medio externo influye en la temperatura de la represa.



**Gráfico 31. Valores medidos de sólidos totales disueltos E4.**

Los sólidos totales disueltos en ésta estación presentan un comportamiento similar a las demás estaciones, incrementándose en el último mes.



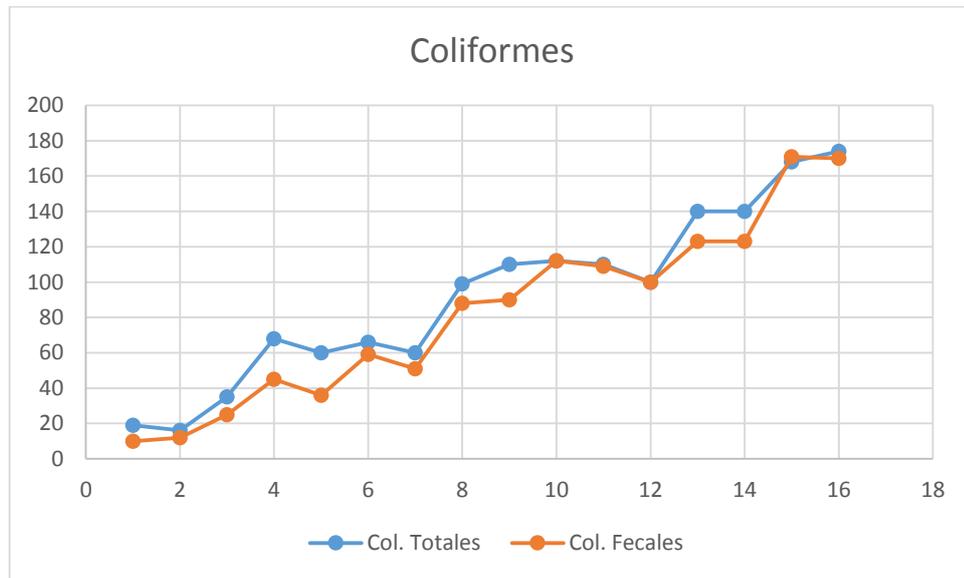
**Gráfico 32. Valores medidos de pH en la E4.**

La estación 4 presenta el valor más elevado de pH que las demás estaciones monitoreadas durante los 9 meses la investigación, en junio se reporta un pH de 9,28.



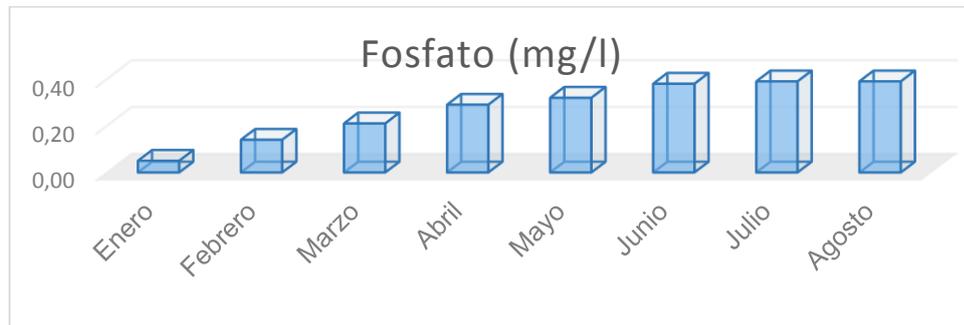
**Gráfico 33. Valores medidos de salinidad E4.**

No se encuentra algún valor fuera de lo normal en comparación con las demás estaciones. Es fundamental tomar la temperatura para el cálculo de ICA.



**Gráfico 34.** Gráfico global de Coliformes totales y fecales E4

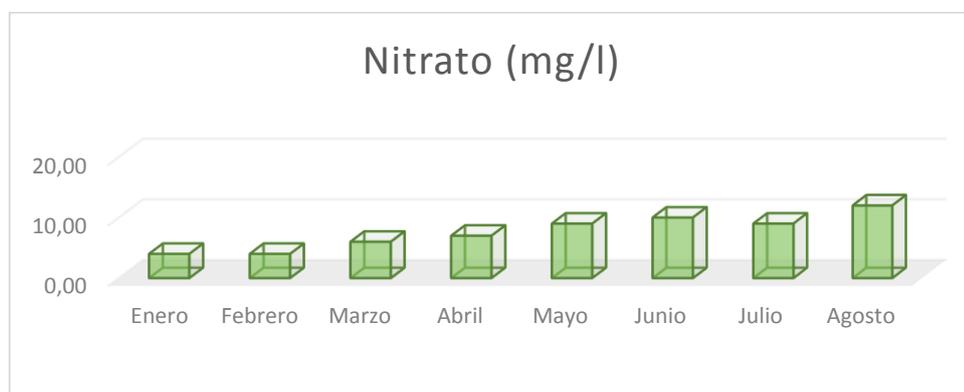
A medida que avanzan las semanas de monitoreo, la dispersión del número de coliformes fecales y totales va siendo menor ya que aumenta el conteo de coliformes fecales en el cuerpo de agua. El número de coliformes aumenta de 20 a 180, siendo la estación 4 junto con la estación 3, las que presentan menor cantidad de coliformes.



**Gráfico 35. Gráfico global de valores de fosfato E4.**

Valores muy parecidos a las demás estaciones monitoreadas, no presenta algún valor mayor o menor que las otras estaciones.

Los valores de fosfatos aumentan en llegando a 0,40 mg/l en el mes de agosto.



**Gráfico 36. Gráfico global de valores de nitrato E4.**

Los valores de nitrato calculados mediante espectrofotometría en la estación 4 presentan niveles muy parecidos a las otras estaciones.

**Tabla 11. Valores Globales de ICA en las 4 Estaciones de estudio.**

| ICA GLOBAL |            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| Mes        | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
| Enero      | 63,8       | 62,02      | 61,88      | 63,81      |
| Febrero    | 63,3       | 62,28      | 61,45      | 61,65      |
| Marzo      | 63,0       | 64,13      | 60,47      | 61,92      |
| Abril      | 56,4       | 56,53      | 55,40      | 54,77      |
| Mayo       | 55,8       | 58,87      | 56,75      | 59,16      |
| Junio      | 54,3       | 59,77      | 56,28      | 56,17      |
| Julio      | 58,0       | 56,81      | 57,68      | 58,03      |
| Agosto     | 57,2       | 56,20      | 55,87      | 56,18      |
| Septiembre | 52,9       | 51,55      | 0          | 0          |

La tabla 11, muestra los valores totales de ICA por cada mes de monitoreo en cada estación, se presenta el resultado total luego de realizar las ecuaciones y cálculos para la obtención de ICA, para ver estos procesos junto con los datos de cada monitoreo, revisar Anexos.

El cuerpo de agua de la represa San Vicente durante la investigación presenta un valor máximo de calidad de 64.13 en la estación 2 durante el mes de Marzo Y un valor mínimo de 51.55 en la misma estación durante el mes de septiembre.

En esta tabla no se presentan los valores de Septiembre en la estación 3 y 4 ya que la profundidad de agua en estas estaciones no era la óptima para la toma de muestras.

**Tabla 12. Clasificación de Calidad de Agua más utilizada en la actualidad**

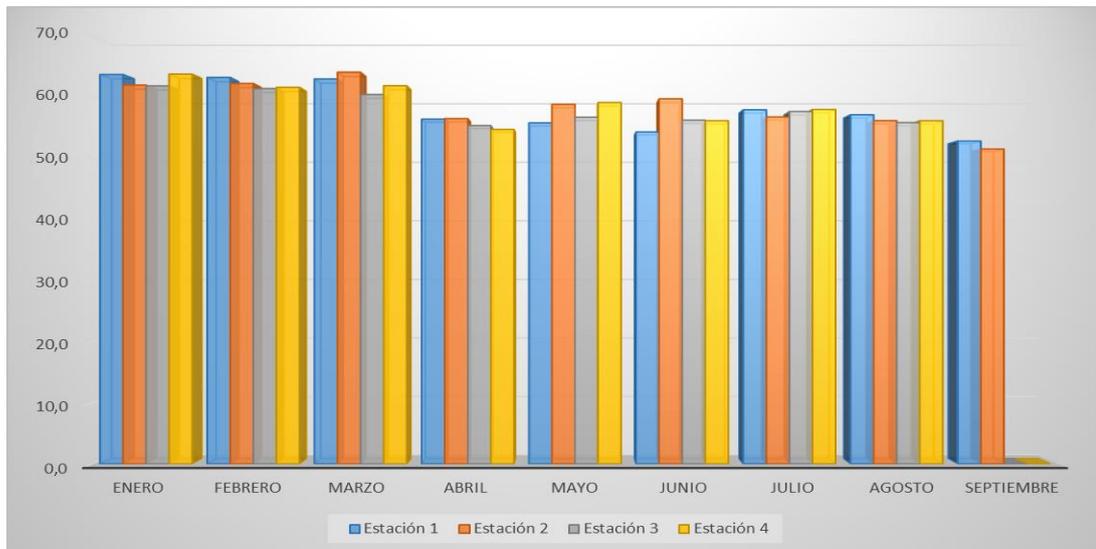
|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| <b>NO CONTAMINADO</b>        | <b>85-100</b> |
| <b>ACEPTABLE</b>             | <b>70-84</b>  |
| <b>POCO CONTAMINADO</b>      | <b>50-69</b>  |
| <b>CONTAMINADO</b>           | <b>30-49</b>  |
| <b>ALTAMENTE CONTAMINADO</b> | <b>0-29</b>   |

El promedio de calidad de agua de la represa se encuentra en el rango de Poco Contaminado.

**Tabla 13. Clasificación de la Calidad de Agua de la Represa, según el cuadro de Brown.**

| <b>Clasificación según Brown</b> |  |                |
|----------------------------------|--|----------------|
| <b>Regular</b>                   |  | <b>50 a 70</b> |

Según este cuadro la calidad de agua de la represa se mantiene en Regular, pero con valores que se encuentran al límite con la clasificación de aguas malas, que están en un rango de 25 – 50



**Gráfico 37. Barras de ICA global de cada Estación de monitoreo de la Represan San Vicente.**

En el Gráfico 1 podemos analizar la calidad de agua de cada una de las 4 estaciones durante los 9 meses de investigación, en la estación 2 se aprecia el nivel más alto en marzo y el más bajo en septiembre, ningún valor pasa por debajo de los 50, manteniéndose en el nivel de poco contaminado.

En el mes de septiembre solo se puede apreciar el valor de ICA de la estación 1-2 y no presenta valor alguno en la estación 3-4, producto del bajo nivel de agua.

**Tabla 14. Índice ETP total con los datos de MAIA Estación 1.**

| ÍNDICE ETP TOTAL ESTACIÓN 1     |                                      |                  |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Clasificación                   | Abundancia<br>(Número de Individuos) | ETP<br>PRESENTES |
| Baetidae                        | 25                                   | 25               |
| Chironomide                     | 354                                  |                  |
| Coridalidae                     | 75                                   |                  |
| Elmidae                         | 69                                   |                  |
| Euthyplociidae                  | 25                                   | 25               |
| Hydrobiosidae                   | 75                                   | 75               |
| Leptohyphidae                   | 42                                   | 42               |
| Leptophlebiidae                 | 48                                   | 48               |
| Otros grupos                    | 3                                    |                  |
| <b>TOTAL</b>                    | 716                                  | 215              |
| EPT TOTAL /<br>ABUNDANCIA TOTAL | ABUNDANCIA<br>TOTAL                  | 30,03            |
| <b>CALIDAD DE AGUA</b>          |                                      |                  |
| 75 -100 % MUY BUENA             |                                      |                  |
| 50 - 74 % BUENA                 |                                      |                  |
| 25 - 49 % REGULAR               |                                      |                  |
| 0 - 24 % MALA                   |                                      |                  |

En la Tabla 14, podemos observar el valor calculado mediante el promedio realizado con el número de organismos (ETP) contados dividido para la abundancia total de organismos contados. El resultado se lo multiplica para 100 obteniendo el índice.

El valor resultante es de 30% el cual según la tabla del índice ETP presenta una calidad Regular, que en ICA es poco contaminada.

**Tabla 15. Índice ETP total con los datos de MAIA Estación 2.**

| INDICE ETP TOTAL ESTACIÓN 2     |                                      |                  |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Clasificación                   | Abundancia<br>(Número de Individuos) | ETP<br>PRESENTES |
| Baetidae                        | 26                                   | 26               |
| Chironomide                     | 270                                  |                  |
| Coridalidae                     | 33                                   |                  |
| Elmidae                         | 17                                   |                  |
| Euthyplociidae                  | 35                                   | 35               |
| Hydrobiosidae                   | 33                                   | 33               |
| Leptohyphidae                   | 23                                   | 23               |
| Leptophlebiidae                 | 26                                   | 26               |
| Otros grupos                    | 0                                    |                  |
| <b>TOTAL</b>                    | 463                                  | 143              |
| EPT TOTAL /<br>ABUNDANCIA TOTAL | ABUNDANCIA<br>TOTAL                  | 30,89            |
| <b>CALIDAD DE AGUA</b>          |                                      |                  |
| 75 -100 % MUY BUENA             |                                      |                  |
| 50 - 74 % BUENA                 |                                      |                  |
| 25 - 49 % REGULAR               |                                      |                  |
| 0 - 24 % MALA                   |                                      |                  |

La 2da estación presenta 463 individuos contabilizados, 143 son organismos (ETP), resultando un 30.89% dando como resultado una calidad de agua de Regular. Esta tabla es el resumen de los organismos totales contados en la estación 2 durante la investigación, dando como resultado a la familia Chironomidae como la más abundante.

Esta estación contiene gran número de individuos encontrados, en anexos se puede encontrar todas las tablas de la contabilidad de organismos en cada mes.

**Tabla 16. Índice ETP total con los datos de MAIA Estación 3.**

| INDICE ETP TOTAL ESTACIÓN 3     |                                      |                  |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Clasificación                   | Abundancia<br>(Número de Individuos) | ETP<br>PRESENTES |
| Baetidae                        | 21                                   | 21               |
| Chironomide                     | 285                                  |                  |
| Coridalidae                     | 26                                   |                  |
| Elmidae                         | 15                                   |                  |
| Euthyplociidae                  | 27                                   | 27               |
| Hydrobiosidae                   | 34                                   | 34               |
| Leptohyphidae                   | 19                                   | 19               |
| Leptophlebiidae                 | 20                                   | 20               |
| Otros grupos                    | 0                                    |                  |
| <b>TOTAL</b>                    | 447                                  | 121              |
| EPT TOTAL /<br>ABUNDANCIA TOTAL | ABUNDANCIA<br>TOTAL                  | 27,07            |
| <b>CALIDAD DE AGUA</b>          |                                      |                  |
| 75 -100 % MUY BUENA             |                                      |                  |
| 50 - 74 % BUENA                 |                                      |                  |
| 25 - 49 % REGULAR               |                                      |                  |
| 0 - 24 % MALA                   |                                      |                  |

En la estación 3, se contabilizó un total de 447 organismos, de los cuales 121 son (ETP), resultando un 27.07% lo que indica que la calidad de agua en esta estación es regular según el índice (ETP)

La familia más numerosa es la Chironomidae con un total de 285 Organismos, y la familia Elmidae la menos numerosa.

**Tabla, 17. Índice ETP total con los datos de MAIA Estación 4.**

| INDICE ETP TOTAL ESTACIÓN 4     |                                      |                  |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Clasificación                   | Abundancia<br>(Número de Individuos) | ETP<br>PRESENTES |
| Baetidae                        | 9                                    | 9                |
| Chironomide                     | 302                                  |                  |
| Coridalidae                     | 16                                   |                  |
| Elmidae                         | 2                                    |                  |
| Ethyplociidae                   | 23                                   | 23               |
| Hydrobiosidae                   | 23                                   | 22               |
| Leptohyphidae                   | 20                                   | 21               |
| Leptophlebiidae                 | 15                                   | 15               |
| Otros grupos                    | 0                                    |                  |
| <b>TOTAL</b>                    | 410                                  | 90               |
| EPT TOTAL ÷<br>ABUNDANCIA TOTAL | ABUNDANCIA<br>TOTAL                  | 21,95            |
| <b>CALIDAD DE AGUA</b>          |                                      |                  |
| 75 -100 % MUY BUENA             |                                      |                  |
| 50 - 74 % BUENA                 |                                      |                  |
| 25 - 49 % REGULAR               |                                      |                  |
| 0 - 24 % MALA                   |                                      |                  |

La estación 4 presenta una abundancia total de 410 organismos, de los cuales son 90 organismos pertenecientes a (ETP), la calidad de agua calculada por la presencia de estos organismos es de mala con un 21.95%.

El familia más representativa en esta estación es Chironomidae y la menos representativa es la Elmidae.

**Tabla 18. Tabla de índice ETP de las 4 estaciones.**

| ÍNDICE ETP TOTAL |            |            |            |            |
|------------------|------------|------------|------------|------------|
| Mes              | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 |
| Enero            | 38,95      | 40,74      | 36,17      | 25,64      |
| Febrero          | 38,61      | 31,48      | 30,95      | 25,64      |
| Marzo            | 33,68      | 32,26      | 30,16      | 25,53      |
| Abril            | 26,57      | 31,91      | 26,83      | 25         |
| Mayo             | 27,59      | 30,19      | 25,53      | 19,3       |
| Junio            | 26,51      | 26,51      | 27,27      | 22,06      |
| Julio            | 26,67      | 21,28      | 21,88      | 17,74      |
| Agosto           | 21,82      | 23,08      | 20,69      | 18,33      |
| Septiembre       | 19,64      | 16,22      | 20,51      | 0          |

El valor más bajo de calidad de agua fue medido en la estación 2 en el mes de Septiembre, con un valor de 16.22%, y el valor más alto fue medido en la misma estación en el mes de enero.

En la estación 4 el valor del mes de septiembre no fue calculado debido a que no se pudo tomar muestras, el nivel de agua descendió muy rápido el último mes de investigación.

**Tabla 19. Tabla de índice ETP Global**

| INDICE ETP TOTAL                |                                      |                  |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| Clasificación                   | Abundancia<br>(Número de Individuos) | ETP<br>PRESENTES |
| Baetidae                        | 81                                   | 81               |
| Chironomide                     | 1211                                 |                  |
| Coridalidae                     | 150                                  |                  |
| Elmidae                         | 103                                  |                  |
| Euthyplociidae                  | 110                                  | 110              |
| Hydrobiosidae                   | 165                                  | 165              |
| Leptohyphidae                   | 104                                  | 104              |
| Leptophlebiidae                 | 109                                  | 109              |
| Otros grupos                    | 3                                    |                  |
| <b>TOTAL</b>                    | 2036                                 | 569              |
| EPT TOTAL /<br>ABUNDANCIA TOTAL | ABUNDANCIA<br>TOTAL                  | 27,95            |
| <b>CALIDAD DE AGUA</b>          |                                      |                  |
| 75 -100 % MUY BUENA             |                                      |                  |
| 50 - 74 % BUENA                 |                                      |                  |
| 25 - 49 % REGULAR               |                                      |                  |
| 0 - 24 % MALA                   |                                      |                  |

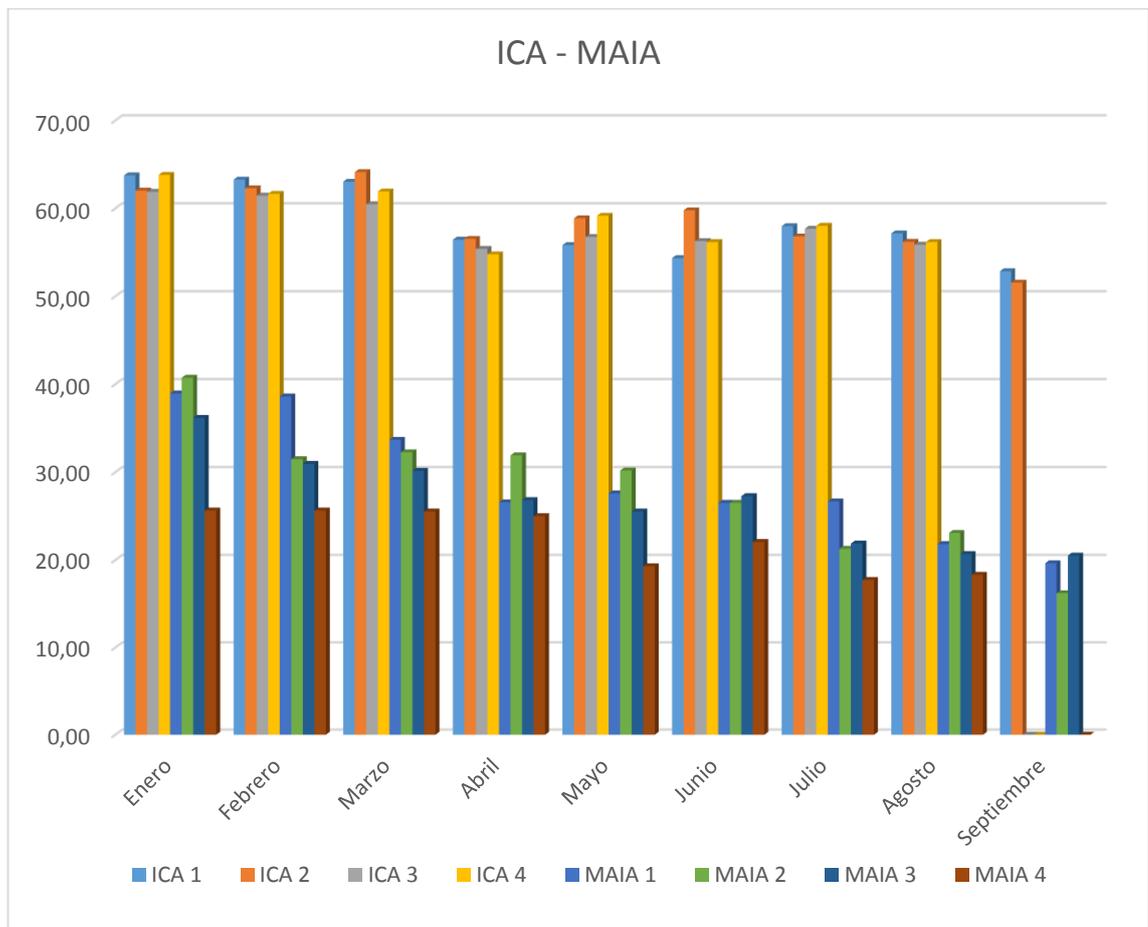
En total se contaron 2036 organismos en las 4 estaciones, de los cuales 569 son organismos (ETP), permitiendo estimar como Regular a la calidad de agua de la Represa San Vicente, con 27.97%.

La familia más representativa durante la investigación fue la Chironomide, con un total de 1211 organismos contabilizados, y la familia con menor número de organismos presentes fue Baetidae, con un total de 81 org, presentes.

**Tabla 20, Cuadro global de datos obtenidos en ICA y MAIA**

| ICA – MAIA |       |       |       |       |        |        |        |        |
|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Mes        | ICA 1 | ICA 2 | ICA 3 | ICA 4 | MAIA 1 | MAIA 2 | MAIA 3 | MAIA 4 |
| Enero      | 63,75 | 62,02 | 61,88 | 63,81 | 38,95  | 40,74  | 36,17  | 25,64  |
| Febrero    | 63,27 | 62,28 | 61,45 | 61,65 | 38,61  | 31,48  | 30,95  | 25,64  |
| Marzo      | 63,03 | 64,13 | 60,47 | 61,92 | 33,68  | 32,26  | 30,16  | 25,53  |
| Abril      | 56,44 | 56,53 | 55,40 | 54,77 | 26,57  | 31,91  | 26,83  | 25     |
| Mayo       | 55,83 | 58,87 | 56,75 | 59,16 | 27,59  | 30,19  | 25,53  | 19,3   |
| Junio      | 54,34 | 59,77 | 56,28 | 56,17 | 26,51  | 26,51  | 27,27  | 22,06  |
| Julio      | 57,98 | 56,81 | 57,68 | 58,03 | 26,67  | 21,28  | 21,88  | 17,74  |
| Agosto     | 57,16 | 56,20 | 55,87 | 56,18 | 21,82  | 23,08  | 20,69  | 18,33  |
| Septiembre | 52,86 | 51,55 | 0,00  | 0,00  | 19,64  | 16,22  | 20,51  | 0      |

En esta tabla se presentan todos los valores de ICA y MAIA de cada una de las 4 estaciones de estudio, el mes de septiembre en algunas estaciones de ICA y MAIA no presenta valores debido a que no se pudo tomar muestras significativas por bajos niveles de agua.



**Gráfico 38, Gráfico de barras de las 4 estaciones de monitoreo de ICA - MAIA**

En este gráfico se puede apreciar el comportamiento de los valores de ICA Vs MAIA, durante los 9 meses de estudio, en cada una de las 4 estaciones.

No se puede encontrar un patrón que refleje el comportamiento entre ICA y MAIA pero estos dos métodos determinan como **Poco contaminado** o **Regular** la calidad del cuerpo de agua de la Represa.

## **5. CONCLUSIONES**

Las fuentes de contaminación que se encuentran durante la mayor época del año son la agricultura y la ganadería, y en menor escala el lavado de ropa, estas generan desechos o productos que son descargados en el espejo de agua producto de las escorrentías y la deforestación, a lo largo de la investigación el nivel de agua fue disminuyendo producto de reparaciones que se realizaban en la represa, esta actividad también causo un fuerte impacto al disminuir la cota de agua de la represa para poder realizar los trabajos necesarios.

Las características fisicoquímicas y biológicas de cada estación de monitoreo permitieron conocer que no existe una remediación natural o depuración del espejo de agua, producto de las actividades antes mencionadas y probablemente a las pocas precipitaciones existentes durante la época de lluvia, al terminar de analizar las muestras y procesar la información esta investigación clasifico como poca contaminada a la Represa San Vicente de Colonche no obstante los valores para la clasificación se encuentran con los límites de aguas Contaminadas.

Se identificaron diferentes especies de macroinvertebrados en las 4 estaciones de monitoreo presentes durante los meses de estudio, la sensibilidad, resistencia y tolerancia de estos organismos nos indican el estado en el que se encuentra el cuerpo de agua de la represa, la familia más numerosa encontrada fue Chironomide del Orden Diptera, siendo esta el 59% del total de organismos encontrados, Esta familia es considerada como un buen indicador de contaminación, ya que se encuentra en lugares con poco oxígeno disuelto y aguas turbias.

Durante los 9 meses de investigación se logró obtener información de parámetros fisicoquímicos y biológicos en los que se encuentra una estrecha relación, el comportamiento de ICA básicamente es decrecer en calidad conforme avanza el tiempo, comportamiento que también fue observado en MAIA, mientras la calidad de agua baja, la cantidad de organismos sensibles disminuye y la capacidad de ciertos organismos a ser más resistentes o tolerantes se ve reflejada, en esta investigación la familia Chironomide resulto ser la más resistente al cambio de calidad de agua.

Pocas familias de macroinvertebrados fueron contabilizadas durante la investigación, probablemente la constante pérdida de agua de la Represa influye mucho en la distribución de macroinvertebrados, ya que los niveles de agua decrecían diariamente, y no existió precipitaciones significativas durante la investigación, que ayude a incrementar la cota de agua.

En la comuna de San Vicente se cultiva prácticamente la mayor parte del año, con grandes cantidades de abono y fertilizantes son empleados en los suelos cerca de la represa, no se pudo obtener un listado oficial por parte de los organismos competentes del MAGAP para conocer qué tipo de químicos son utilizados en los suelos cercanos al espejo de agua, pero generalmente los productos agrícolas son los culpables en el deterioro de la calidad de agua.

Finalmente se pudo comprobar la hipótesis planteada al determinar la calidad de agua de Represa San Vicente Colonche en un rango de Poca Contaminada mediante la metodología ICA y la relación que existe entre el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos con los macroinvertebrados presentes en el área de investigación mediante el uso de MAIA.

## **6. RECOMENDACIONES**

Para la toma de muestras se recomienda plantear un mismo horario de monitoreo, para todo el tiempo de investigación, si existe dificultad para movilización entre estaciones de monitoreo, se recomienda hacer una ruta para mejorar u optimizar el tiempo de muestreo.

Se recomienda sociabilizar el proyecto de investigación con las personas en la comuna, para informar y justificar tu presencia en el sector de monitoreo, para evitar algún tipo de inconveniente.

Siempre llevar baterías extra para los equipos de monitoreo, ya que es indispensable tomar las muestras y medir parámetros siempre el mismo día, para analizar el comportamiento global del espejo de agua.

Seguir con esta investigación, monitorear más el comportamiento de agua utilizando más parámetros fisicoquímicos y biológicos, realizar una prueba toxicológica a los peces que se encuentran muertos en las orillas de la Represa para entender más lo que está pasando con la calidad de la masa de agua.

Realizar el levantamiento de información de los agroquímicos utilizados en la periferia de la Represa para poder relacionar los niveles de Fosfatos y Nitratos existentes.

## **ANEXOS**

### **MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y, al usarlos en el monitoreo, puede entender claramente el estado en que ésta se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación. Por ejemplo, las moscas de piedra sólo viven en agua muy limpia y desaparecen cuando el agua está contaminada.

No sucede así con algunas larvas o gusanos de otras moscas que resisten la contaminación y abundan en agua sucia. Estos bichos, al crecer, se transforman en moscas que provocan enfermedades como la malaria, el paludismo o el mal de chagas.

Los macroinvertebrados incluyen larvas de insectos como mosquitos, caballitos del diablo, libélulas o helicópteros, chinches o chicaposos, perros de agua o moscas de aliso. Inician su vida en el agua y luego se convierten en insectos de vida terrestre.

Además de los insectos, otros macroinvertebrados son: caracoles, conchas, cangrejos azules, camarones de río o minchillas, planarias, lombrices de agua, ácaros de agua y sanguijuelas o chupa-sangres.

Los macroinvertebrados se multiplican en grandes cantidades, se pueden encontrar miles en un metro cuadrado. Son parte importante en la alimentación de los peces. Los macroinvertebrados pueden alimentarse de:



Plantas acuáticas.



Otros invertebrados y peces.



Pequeños restos de comida en descomposición y elementos nutritivos del suelo



Animales en descomposición



Elementos nutritivos del agua

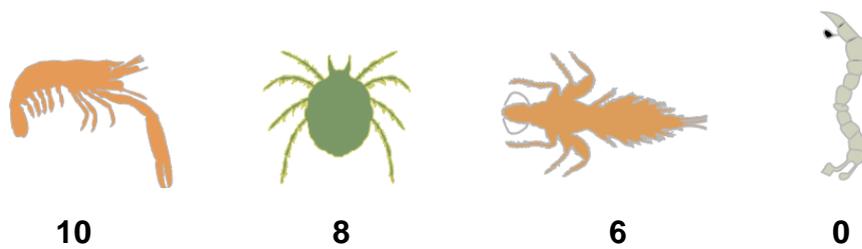


Sangre de otros animales

Los macroinvertebrados tienen muchas formas; así, las conchas son redondeadas, los escarabajos son ovalados, las lombrices son alargadas y los caracoles tienen forma de espiral. (Carrera, c. & Fierro, k. 2001)



Algunos tienen muchas patas, por ejemplo, los camarones tienen 10, los ácaros y los chicaposos 6. Otros no tienen patas, como las larvas de mosca.

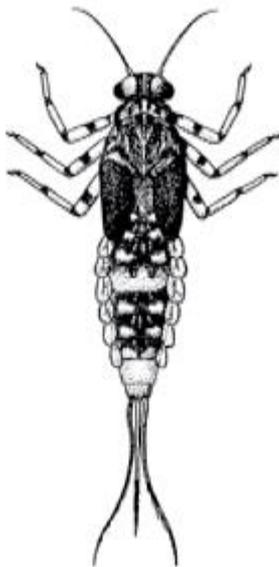


## **FAMILIAS ENCONTRADAS DURANTE LA INVESTIGACIÓN**

### **BAETIDAE**

#### **Breve Descripción**

Ninfas de tamaño variable (2,0-22,0 mm). Cabeza hipognata, antenas cortas, ojos compuestos y ocelos laterales. Branquias lobuladas u ovaladas de una sola lámina localizadas en el abdomen, en ocasiones con ramificaciones traqueales visibles. Patas con tarsos de tres artejos. Tienen una forma hidrodinámica con abdomen plano. De color amarillo a amarillo parduzco. Filamento caudal más pequeño que los cercos.



**REINO:** ANIMALIA

**FILO:** ARTHROPODA

**CLASE:** INSECTA

**ORDEN:** EPHEMEROPTERA

**SUBORDEN:** PISCIFORMA

**FAMILIA:** BAETIDAE

### **Aspectos ecológicos**

Estos organismos generalmente viven en aguas loticas bien oxigenadas, debajo de troncos, rocas, hojas, adheridos a vegetación sumergida y en fondos arenosos. Considerados Indicadores de aguas limpias o ligeramente contaminadas, Son de hábito alimenticio herbívoro, se alimentan de algas y tejidos de plantas acuáticas. Constituyen una parte importante en la dieta alimenticia de peces (Roldán, 1988).

### **Distribución**

Familia considerada cosmopolita (Domínguez, 2001).

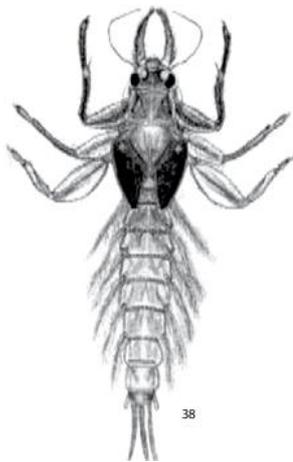
### **Claves**

- Segmento 1-5 o 1-7 branquias presenta branquias acorazonadas, ovaladas con máximo tres lamelas, pero nunca termina en filamento
- Algunos géneros presentan el filamento caudal más corto que los cercos.

## **EUTHYPLOCIIDAE**

### **Breve Descripción**

Las efímeras de esta familia son las más grandes de América Central. Las ninfas son llamativas y están entre las más grandes del medio ambiente dulceacuícola. Sus mandíbulas tienen colmillos largos y delgados, los cuales están cubiertos por setas largas. Las patas son delgadas y no están modificadas para excavar. Las branquias de los segmentos abdominales 2-7 son bifurcadas y tienen márgenes con flecos; las del primer segmento están reducidas.



**REINO:** ANIMALIA

**FILO:** ARTHROPODA

**CLASE:** INSECTA

**ORDEN:** EPHEMEROPTERA

**FAMILIA:** EUTHYPLOCIIDAE

### **Aspectos ecológicos**

Las ninfas de los Euthyplociidae son bastantes comunes en las quebradas y ríos de tierras bajas donde se arrastran por encima y debajo de las piedras; a diferencia de las otras dos familias no excavan madrigueras. Los adultos se encuentran alrededor de las luces al anochecer.

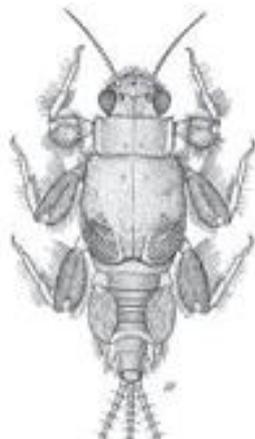
## Claves

- Colmillos mandibulares proyectados en vista dorsal
- Colmillos mandibulares no visibles dorsalmente
- Colmillos mandibulares más largos que la cabeza, con numerosas setas y sin crenulaciones en sus bordes.
- Branquias laterales con pelos largos y numerosos

## **LEPTOHYPHIDAE**

### **Breve Descripción**

Las ninfas de forma y tamaño variable (5,0-28,0 mm). Cabeza prognata, antenas largas y ocelos laterales. Presentan un cepillo de denso de setas en el extremo de sus maxilas. Presenta un Cuerpo aplanado y patas con orientación variable, branquias abdominales bifurcadas lisas o con mechones. Coloración parda amarillenta a marrón. (W. Flowers & C. Molineri. [S/A]).



**REINO:** ANIMALIA

**FILO:** ARTHROPODA

**CLASE:** INSECTA

**ORDEN:** EPHEMEROPTERA

**SUBORDEN:** RECTRACHAETA

**FAMILIA:** LEPTOHYPHIDAE

### **Aspectos ecológicos**

Esta familia habita ambientes de aguas frías y cálidas. Se encuentra asociada a hojarasca, sobre troncos, piedras y en fondos lodosos o arenosos. Es excavadora, filtradora y la mayoría se alimenta de algas. Presenta una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes y calidades de agua. Se caracteriza por ser deficientes nadadores. (Zúñiga & Rojas, 1995).

Allen, R. 1973. Expone que las ninfas viven entre las piedras, hojarasca sumergida y vegetación acuática, en donde se refugian de las corrientes fuertes. Se la puede encontrar también dentro del fango, en el fondo de las quebradas, especialmente las ninfas de *Tricorythodes*, las cuales pueden llegar a tolerar niveles relativamente altos de contaminación.

#### Claves

- Primer segmento abdominal sin branquias
- Segundo segmento abdominal con branquias operculadas, nunca se tocan en la línea media.
- Cerco medio desarrollado, del mismo tamaño de los cercos caudales.

## **LEPTOPHLEBIIDAE**

### **Breve Descripción**

Las ninfas de forma y tamaño variable

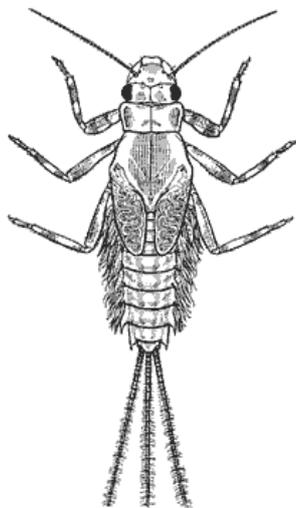
(5,0-28,0 mm). Cabeza prognata, antenas largas y ocelos laterales.

Presentan un cepillo de denso de setas en el extremo de sus maxilas.

Cuerpo aplanado y patas con orientación variable. Branquias abdominales

bifurcadas lisas o con mechones. Cerco medio desarrollado, del mismo

tamaño de los cercos caudales. Coloración pardo amarillenta a marrón.



**REINO:** ANIMALIA

**FILO:** ARTHROPODA

**CLASE:** INSECTA

**ORDEN:** EPHEMEROPTERA

**SUBORDEN:** RECTRACHAETA

**FAMILIA:** LEPTHOPHLEBIDAE

### **Aspectos ecológicos**

Zúñiga y Rojas, 1995 indican que esta familia habita ambientes de aguas frías y cálidas, asociada a hojarasca, troncos, piedras y fondos lodosos o arenosos.

Esta especie es excavadora, filtradora y la mayoría se alimenta de algas.

Presenta una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes y calidades de agua. Se caracteriza por ser deficientes nadadores.

Las ninfas de los Leptophlebiidae son comunes en quebradas y ríos de América Central. Las quebradas limpias tienen la diversidad más alta, aunque algunos géneros, como *Traverella*, los lugares comunes para esta especie son quebradas, orillas de lagos, Las ninfas de *Tikuna* son más comunes en pozos con hojas y en quebradas temporales (Flowers & Ávila 2006, Savage *et al.* 2005).

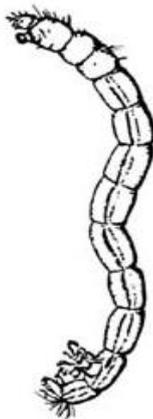
### **Claves**

- Primer Segmento Abdominal con branquias reducidas o lamelas simples y delgadas.
- Los segmentos 2-7 con branquias de forma simple o bifurcada, rodeadas de muchos filamentos.
- Cepillo de setas en el margen apical de la maxila.

## CHIRONOMIDE

### Breve Descripción

Muchas especies se parecen a los mosquitos de la familia Culicidae pero las alas no tienen escamas y las piezas bucales no son alargadas como las de los mosquitos. Es una familia muy grande con más de 5.000 especies descritas. Los machos se distinguen fácilmente por sus antenas plumosas. A los adultos a veces se los llama moscas de los lagos o moscas de la arena.



**REINO:** ANIMALIA

**FILO:** ARTHROPODA

**CLASE:** INSECTA

**ORDEN:** DIPTERA

**SUBORDEN:** NEMATOCERA

**FAMILIA:** CHIRONOMIDE

### Aspectos ecológicos

Algunos peces como las truchas se alimentan de las larvas y de las pupas momentos antes de su emergencia como adultos. Los adultos que son insectos voladores también son comidos por peces y por aves insectívoras como las golondrinas. Las larvas son comidas por algunos anfibios como las salamandras del género *Taricha*. (Hogan, M. 2008)

También son importantes como especies indicadoras. Su presencia, ausencia y las cantidades presentes pueden indicar las condiciones de contaminación de masas acuáticas.

Las larvas generalmente viven en tubos pegados a piedras, troncos o en la arena, hechos de gran variedad de materiales. Algunas especies viven libremente en el fondo. Los adultos viven muy poco tiempo, desde sólo unos días hasta varias semanas, y no se alimentan (de la Rosa, C. 1997).

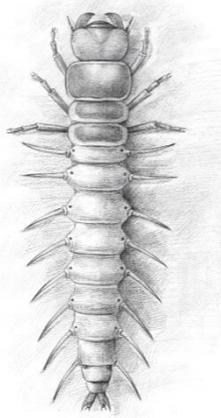
### **Claves**

- Antena ubicada sobre una base alargada o pedestal al menos tan alta como ancha.
- Antenas normalmente muy largas, más que la mitad de la longitud de la cabeza
- Placas estrechas y alargadas en forma de barra, se pueden tocar en la
- línea media y nunca en forma de abanico

## **CORIDALIDAE**

### **Breve Descripción**

Ellos son indicadores de agua oligotróficos, insectos de amplia distribución en zonas templadas y tropicales, con mandíbulas fuertes, patas marchadoras y principalmente con alas grandes diversificadas de abundante venación y en muchos casos especializadas.



**REINO:** ANIMALIA

**FILO:** ARTHROPODA

**CLASE:** INSECTA

**ORDEN:** MEGALOPTERA

**FAMILIA:** CORIDALIDAE

### **Aspectos ecológicos**

Viven en aguas corrientes limpias, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida; son grandes depredadores. Éstas viven en terrenos arenosos, más bien sueltos, donde cavan guaridas cónicas. Se colocan en el fondo, en la punta del cono, sacando al exterior solo el aparato bucal, que es del tipo chupador-picador, aunque bastante modificado, formado por unas mandíbulas en forma de hoz y unas maxilas rectas.

## Claves

- Aparato bucal de tipo masticador. Las mandíbulas de las larvas de Megaloptera y Raphidioidea son relativamente corta, mientras las larvas Planipennia son largas y como una hoz.
- **Abdomen** Cilíndrico y delgado de 10 segmentos. Cercos ausentes.

## **ELMIDAE**

### **Breve Descripción**

Los elmidos pueden variar entre 1 y 10 mm de longitud. Su cuerpo puede ser de color negro o pardo aunque algunos pueden tener patrones de manchas o bandas de color rojo, amarillo o crema. La forma del cuerpo es alargada más o menos cilíndrica y algo deprimida.

La respiración de las especies acuáticas se realiza sin necesidad de salir a la superficie. El cuerpo está recubierto por pelos finos o en forma de escamas que repelen el agua, manteniendo una capa fina de aire en su superficie.



**REINO:** ANIMALIA

**FILO:** ARTHROPODA

**CLASE:** INSECTA

**ORDEN:** COLEOPTERA

**FAMILIA:** ELMIDAE

### **Aspectos ecológicos**

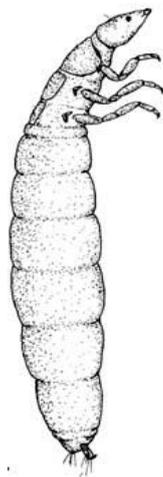
La mayoría de las especies de esta familia, se encuentran sobre piedras y en restos de maderas en las zonas de los rápidos de ríos de agua dulce, otros en las zonas de sedimentación de los arroyos en sedimentos blandos, y algunos

en los bordes u orillas de los arroyos, pocos se han a adaptado a vivir en aguas tranquilas, y la vegetación es su hogar. (Brow, 1991 ; McCafferty, 1993 ; Blanco & Brigham, 1996).

## **HYDROBIOSIDAE**

### **Breve Descripción**

Son insectos endopterigotos (hacen la metamorfosis completa u holometabolismo) cuyo tamaño es de máximo 1 cm. Pertecece al grupo Trichoptera, que es muy abundante con alrededor de 10.000 especies con ninfas totalmente acuáticas.



**REINO:** ANIMALIA

**FILO:** ARTHROPODA

**CLASE:** INSECTA

**ORDEN:** TRICHOPTERA

**FAMILIA:** HYDROBIOSIDAE

### **Aspectos ecológicos**

Se reproducen sexualmente. El apareamiento suele realizarse entre la vegetación; las hembras depositan la puesta en el agua, a veces en grandes masas de hasta 700 huevos, en algunos casos introduciendo el abdomen, y en otros sumergiéndose por completo. Algunas especies depositan los huevos fuera del agua, en zonas de inundación periódica. La fase larval suele

comprender cinco estadios diferentes. Una vez madura puede permanecer en inactividad semanas o meses.

### **Claves**

- Pronoto en vista dorsal no es más ancho en su parte media. Meso y meta noto no esclerosados. Pata anal libre del segmento IX. Uña anal sin uña accesoria. No construye estuche transportable.
- Primer par de patas torácicas forman un apéndice quelado. Son de vida libre.

## Calificación de la calidad de agua usando MAIA

Los científicos han clasificado a cada macroinvertebrado con un número que indica su sensibilidad a los contaminantes, estos números van del 1 al 10.

El 1 indica al menos sensible, y así, gradualmente, hasta el 10, que señala al más sensible.

De acuerdo con esta sensibilidad se clasifican en cinco grupos:

**Tabla 21. Clasificación de la Calidad del Agua**

| SENSIBILIDAD                            | CALIDAD DE AGUA | CALIFICACIÓN |
|---|-----------------|--------------|
| No aceptan contaminantes                | Muy buena       | 9 - 10       |
| Aceptan muy pocos contaminantes         | Buena           | 7 - 8        |
| Aceptan pocos contaminantes             | Regular         | 5 - 6        |
| Aceptan mayor cantidad de contaminantes | Mala            | 3 - 4        |
| Aceptan muchos contaminantes            | Muy mala        | 1 - 2        |

**Fuente: Terneus, E, Vásconez, J.; Carrasco, C. y Rosero, D. 2003.** Manual básico aplicado al estudio de la hidrobiología. Fundación para la investigación y conservación de los ecosistemas acuáticos. Quito – Ecuador.

**Tabla 22. Puntuaciones designadas a las diferentes familias de macroinvertebrados**

| FAMILIAS   | PUNTUACIÓN |
|--|------------|
| Perlidae, Oligoneuriidae, Helicopwsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Lampiridae, Odontoceridae, Blepharoceridae, Psephenidae, Hidridae, Chordodidae, Lymnessidae, Poythoridae, Gomphidae              | 10         |
| Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Dytiscidae, Polycentropodidae, Hydrobiosidae, Gyrinidae   | 9          |
| Veliidae, Gerridae, Philopotamidae, Simulidae, Pleidae, Trichodactylidae, Saldidae, Lestidae, Pseudothelpusidae, Hebridae, Hydrobiidae   | 8          |
| Baetiidae, Calopterygidae, Glossossomatidae, Corixidae, Notonectidae, Leptohiphidae, Dixidae, Hyalellidae, Naucoridae, Scirtidae, Dryopidae, Psychodidae, Coenagrionidae, Planariidae, Hydroptilidae, Caenidae | 7          |
| Ancylidae, Lutrochidae, Aeshnidae, Libellulidae, Elmidae, Sthaphylinidae, Limnynchidae, Neriidae, Pilidae, Megapodagrionide, Corydalidae   | 6          |
| Hydropsychidae, Gelastocoridae, Belostomatidae, Nepidae, Pleuroceridae, Tabanidae, Thiaridae, Pyralidae, Planorbidae   | 5          |
| Chrysomelidae, Mesovelidae, Stratiomidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae   | 4          |
| Hirudinea, (Glossiphoniidae, Cyclobdellidae), Physidae, Hydrometridae, Hydrophilidae, Tipulidae, Ceratopogonidae   | 3          |
| Chironomidae, Culicidae, Muscidae  | 2          |
| Oligochaeta (tubificidae)  | 1          |

Fuente: (Roldan, G. 2003)

## Tablas de Cálculos

**Tabla 23. Cálculo de OD de la estación 1 según el Standard method**

| CÁLCULO DE OXÍGENO DISUELTO ESTACIÓN 1 |         |         |            |  |             |             |         |         |
|--|---------|---------|------------|--|-------------|-------------|---------|---------|
| FECHA                                  | CONSUMO | CONSUMO | CONSUMO F. | CONSUMO Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O | MORALIDAD   | FACTOR (F)  | mg/l OD | ml/l OD |
| 05/01/2013                             | 6,2     | 5,98    | 6,09       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 6,00    | 4,20    |
| 19/01/2012                             | 5,65    | 5,65    | 5,65       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 5,57    | 3,90    |
| 02/02/2013                             | 5,63    | 5,53    | 5,58       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 5,24    | 3,67    |
| 16/02/2013                             | 5,54    | 5,55    | 5,545      | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 5,20    | 3,64    |
| 02/03/2013                             | 6,2     | 5,1     | 5,65       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 5,30    | 3,71    |
| 17/03/2013                             | 5,4     | 5       | 5,2        | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 5,15    | 3,60    |
| 06/04/2013                             | 6,7     | 6,8     | 6,75       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 6,68    | 4,68    |
| 27/04/2013                             | 7,12    | 6,8     | 6,96       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 6,89    | 4,82    |
| 11/05/2013                             | 7,1     | 7,4     | 7,25       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 6,90    | 4,83    |
| 26/05/2013                             | 6,8     | 6,5     | 6,65       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 6,33    | 4,43    |
| 09/06/2013                             | 6,9     | 6,8     | 6,85       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 6,52    | 4,56    |
| 23/06/2013                             | 6,4     | 6       | 6,2        | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,90    | 4,13    |
| 08/07/2013                             | 5,86    | 5,8     | 5,83       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 5,40    | 3,78    |
| 23/07/2013                             | 5,3     | 5,41    | 5,355      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,96    | 3,47    |
| 07/08/2013                             | 5,2     | 5,23    | 5,215      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,83    | 3,38    |
| 20/08/2013                             | 5,25    | 5,2     | 5,225      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,84    | 3,39    |
| 04/09/2013                             | 5       | 5,1     | 5,05       | 20,2345                                  | 0,024314908 | 0,972596308 | 4,91    | 3,44    |
| 19/08/2013                             | 4,8     | 4,81    | 4,805      | 20,2345                                  | 0,024314908 | 0,972596308 | 4,67    | 3,27    |

**Tabla 24. Cálculo de DBO de la estación 1 según el Standard method**

| CÁLCULO DE DBO5 ESTACIÓN 1 |           |           |            |  |             |             |         |      |      |
|----------------------------|-----------|-----------|------------|--|-------------|-------------|---------|------|------|
| FECHA                      | CONSUMO 5 | CONSUMO 5 | CONSUMO F. | CONSUMO Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O | MORALIDAD   | FACTOR (F)  | mg/l OD | OD   | DBO5 |
| 05/01/2013                 | 3,40      | 3,12      | 3,26       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 3,21    | 6,00 | 2,79 |
| 19/01/2012                 | 3,20      | 3,20      | 3,20       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 3,15    | 5,57 | 2,41 |
| 02/02/2013                 | 3,50      | 3,41      | 3,46       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,24    | 5,24 | 1,99 |
| 16/02/2013                 | 3,65      | 3,66      | 3,66       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,43    | 5,20 | 1,77 |
| 02/03/2013                 | 3,69      | 3,71      | 3,70       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,47    | 5,30 | 1,83 |
| 17/03/2013                 | 4,01      | 4,02      | 4,02       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,98    | 5,15 | 1,17 |
| 06/04/2013                 | 3,25      | 3,35      | 3,30       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,27    | 6,68 | 3,42 |
| 27/04/2013                 | 3,28      | 3,38      | 3,33       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,30    | 6,89 | 3,59 |
| 11/05/2013                 | 4,25      | 4,20      | 4,23       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 4,02    | 6,90 | 2,88 |
| 26/05/2013                 | 4,20      | 4,01      | 4,11       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,91    | 6,33 | 2,42 |
| 09/06/2013                 | 4,01      | 4,00      | 4,01       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,81    | 6,52 | 2,71 |
| 23/06/2013                 | 4,02      | 4,00      | 4,01       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,82    | 5,90 | 2,08 |
| 08/07/2013                 | 4,23      | 4,10      | 4,17       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,86    | 5,40 | 1,54 |
| 23/07/2013                 | 4,25      | 4,20      | 4,23       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,91    | 4,96 | 1,05 |
| 07/08/2013                 | 4,00      | 4,32      | 4,16       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,85    | 4,83 | 0,98 |
| 20/08/2013                 | 4,30      | 4,19      | 4,25       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,93    | 4,84 | 0,91 |
| 04/09/2013                 | 4,41      | 4,45      | 4,43       | 20,2345                                  | 0,024314908 | 0,972596308 | 4,31    | 4,91 | 0,60 |
| 19/08/2013                 | 4,49      | 4,51      | 4,50       | 20,2345                                  | 0,024314908 | 0,972596308 | 4,38    | 4,67 | 0,29 |

**Tabla 25. Cálculo de OD de la estación 2 según el Standard method**

| CÁLCULO DE OXÍGENO ESTACIÓN 2 |         |         |            |  |             |             |         |         |
|-------------------------------|---------|---------|------------|--|-------------|-------------|---------|---------|
| FECHA                         | CONSUMO | CONSUMO | CONSUMO F. | CONSUMO Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O | MORALIDAD   | FACTOR (F)  | mg/l OD | ml/l OD |
| 05/01/2013                    | 6,4     | 6,01    | 6,205      | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 6,11    | 4,28    |
| 19/01/2012                    | 6,3     | 6,2     | 6,25       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 6,16    | 4,31    |
| 02/02/2013                    | 5,82    | 5,8     | 5,81       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 5,45    | 3,82    |
| 16/02/2013                    | 5,65    | 5,65    | 5,65       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 5,30    | 3,71    |
| 02/03/2013                    | 5,3     | 5,2     | 5,25       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 4,93    | 3,45    |
| 17/03/2013                    | 5,8     | 5,4     | 5,6        | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 5,54    | 3,88    |
| 06/04/2013                    | 6,2     | 6,01    | 6,105      | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 6,04    | 4,23    |
| 27/04/2013                    | 6,4     | 6,6     | 6,5        | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 6,44    | 4,50    |
| 11/05/2013                    | 6       | 6,01    | 6,005      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,72    | 4,00    |
| 26/05/2013                    | 6,1     | 6,12    | 6,11       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,82    | 4,07    |
| 09/06/2013                    | 5,45    | 5,55    | 5,5        | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,23    | 3,66    |
| 23/06/2013                    | 5,21    | 5,38    | 5,295      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,04    | 3,53    |
| 08/07/213                     | 5,13    | 5,17    | 5,15       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,77    | 3,34    |
| 23/07/2013                    | 5       | 5,2     | 5,1        | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,72    | 3,31    |
| 07/08/2013                    | 5,1     | 5,32    | 5,21       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,82    | 3,38    |
| 20/08/2013                    | 5       | 4,92    | 4,96       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,59    | 3,21    |
| 04/09/2013                    | 4,62    | 4,75    | 4,685      | 20,2345                                  | 0,024314908 | 0,972596308 | 4,56    | 3,19    |
| 19/08/2013                    | 4,66    | 4,6     | 4,63       | 20,2345                                  | 0,024314908 | 0,972596308 | 4,50    | 3,15    |

**Tabla 26. Cálculo de DBO de la estación 2 según el Standard method**

| CALCULO DE DBO5 ESTACIÓN 2 |           |           |            |  |             |             |         |      |      |
|----------------------------|-----------|-----------|------------|--|-------------|-------------|---------|------|------|
| FECHA                      | CONSUMO 5 | CONSUMO 5 | CONSUMO F. | CONSUMO Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O | MORALIDAD   | FACTOR (F)  | mg/l OD | OD   | DBO5 |
| 05/01/2013                 | 3,4       | 3,12      | 3,26       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 3,21    | 6,11 | 2,90 |
| 19/01/2012                 | 3,2       | 3,2       | 3,20       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 3,15    | 6,16 | 3,00 |
| 02/02/2013                 | 3,5       | 3,41      | 3,46       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,24    | 5,45 | 2,21 |
| 16/02/2013                 | 3,65      | 3,66      | 3,66       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,43    | 5,30 | 1,87 |
| 02/03/2013                 | 3,69      | 3,71      | 3,70       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,47    | 4,93 | 1,45 |
| 17/03/2013                 | 4,01      | 4,02      | 4,02       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,98    | 5,54 | 1,57 |
| 06/04/2013                 | 3,25      | 3,35      | 3,30       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,27    | 6,04 | 2,78 |
| 27/04/2013                 | 3,28      | 3,38      | 3,33       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,30    | 6,44 | 3,14 |
| 11/05/2013                 | 4,25      | 4,2       | 4,23       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 4,02    | 5,72 | 1,69 |
| 26/05/2013                 | 4,2       | 4,01      | 4,11       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,91    | 5,82 | 1,91 |
| 09/06/2013                 | 4,01      | 4         | 4,01       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,81    | 5,23 | 1,42 |
| 23/06/2013                 | 4,02      | 4         | 4,01       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,82    | 5,04 | 1,22 |
| 08/07/213                  | 4,23      | 4,1       | 4,17       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,86    | 4,77 | 0,91 |
| 23/07/2013                 | 4,25      | 4,2       | 4,23       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,91    | 4,72 | 0,81 |
| 07/08/2013                 | 4,2       | 4,32      | 4,26       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,94    | 4,82 | 0,88 |
| 20/08/2013                 | 4,3       | 4,1       | 4,20       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,89    | 4,59 | 0,70 |
| 04/09/2013                 | 4         | 4,03      | 4,02       | 20,2345                                  | 0,024314908 | 0,972596308 | 3,90    | 4,56 | 0,66 |
| 19/08/2013                 | 4,01      | 4         | 4,01       | 20,2345                                  | 0,024314908 | 0,972596308 | 3,90    | 4,50 | 0,60 |

**Tabla 27. Cálculo de OD de la estación 3 según el Standard method**

| CÁLCULO DE OXÍGENO ESTACIÓN 3 |         |         |            |  |             |             |         |         |
|-------------------------------|---------|---------|------------|--|-------------|-------------|---------|---------|
| FECHA                         | CONSUMO | CONSUMO | CONSUMO F. | CONSUMO Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O | MORALIDAD   | FACTOR (F)  | mg/l OD | ml/l OD |
| 05/01/2013                    | 6,8     | 6,08    | 6,44       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 6,34    | 4,44    |
| 19/01/2012                    | 7,1     | 6,32    | 6,71       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 6,61    | 4,63    |
| 02/02/2013                    | 5,83    | 5,8     | 5,815      | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 5,46    | 3,82    |
| 16/02/2013                    | 5,68    | 5,65    | 5,665      | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 5,32    | 3,72    |
| 02/03/2013                    | 5,3     | 4,98    | 5,14       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 4,82    | 3,38    |
| 17/03/2013                    | 5,84    | 5,89    | 5,865      | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 5,81    | 4,06    |
| 06/04/2013                    | 6       | 6,24    | 6,12       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 6,06    | 4,24    |
| 27/04/2013                    | 6,6     | 6,8     | 6,7        | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 6,63    | 4,64    |
| 11/05/2013                    | 6,4     | 6,01    | 6,205      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,91    | 4,13    |
| 26/05/2013                    | 6,1     | 6,12    | 6,11       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,82    | 4,07    |
| 09/06/2013                    | 5,65    | 6,6     | 6,125      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,83    | 4,08    |
| 23/06/2013                    | 5,3     | 5,35    | 5,325      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,07    | 3,55    |
| 08/07/213                     | 6       | 6,12    | 6,06       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 5,61    | 3,93    |
| 23/07/2013                    | 5       | 5,21    | 5,105      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,73    | 3,31    |
| 07/08/2013                    | 5,2     | 5,2     | 5,2        | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,82    | 3,37    |
| 20/08/2013                    | 5       | 5,1     | 5,05       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,68    | 3,27    |

**Tabla 28. Cálculo de DBO de la estación 3 según el Standard method**

| CALCULO DE DBO5 ESTACIÓN 3 |           |           |            |  |             |             |         |      |      |
|----------------------------|-----------|-----------|------------|--|-------------|-------------|---------|------|------|
| FECHA                      | CONSUMO 5 | CONSUMO 5 | CONSUMO F. | CONSUMO Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O | MORALIDAD   | FACTOR (F)  | mg/l OD | OD   | DBO5 |
| 05/01/2013                 | 3,4       | 3,12      | 3,26       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 3,21    | 6,34 | 3,13 |
| 19/01/2012                 | 3,2       | 3,2       | 3,2        | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 3,15    | 6,61 | 3,46 |
| 02/02/2013                 | 3,5       | 3,41      | 3,455      | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,24    | 5,46 | 2,21 |
| 16/02/2013                 | 3,65      | 3,66      | 3,655      | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,43    | 5,32 | 1,89 |
| 02/03/2013                 | 3,69      | 3,71      | 3,7        | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,47    | 4,82 | 1,35 |
| 17/03/2013                 | 4,01      | 4,02      | 4,015      | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,98    | 5,81 | 1,83 |
| 06/04/2013                 | 3,25      | 3,35      | 3,3        | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,27    | 6,06 | 2,79 |
| 27/04/2013                 | 3,28      | 3,38      | 3,33       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,30    | 6,63 | 3,34 |
| 11/05/2013                 | 4,25      | 4,2       | 4,225      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 4,02    | 5,91 | 1,88 |
| 26/05/2013                 | 4,2       | 4,01      | 4,105      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,91    | 5,82 | 1,91 |
| 09/06/2013                 | 4,01      | 4         | 4,005      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,81    | 5,83 | 2,02 |
| 23/06/2013                 | 4,02      | 4         | 4,01       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,82    | 5,07 | 1,25 |
| 08/07/213                  | 4,23      | 4,1       | 4,165      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,86    | 5,61 | 1,75 |
| 23/07/2013                 | 4,25      | 4,2       | 4,225      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,91    | 4,73 | 0,81 |
| 07/08/2013                 | 4,2       | 4,32      | 4,26       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,94    | 4,82 | 0,87 |
| 20/08/2013                 | 4,3       | 4,19      | 4,245      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,93    | 4,68 | 0,75 |

**Tabla 29. Cálculo de OD de la estación 4 según el Standard method**

| CÁLCULO DE OXÍGENO ESTACIÓN 4 |         |         |            |  |             |             |         |         |  |
|-------------------------------|---------|---------|------------|--|-------------|-------------|---------|---------|--|
| FECHA                         | CONSUMO | CONSUMO | CONSUMO F. | CONSUMO Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O | MORALIDAD   | FACTOR (F)  | mg/l OD | ml/l OD |  |
| 05/01/2013                    | 5,3     | 6,08    | 5,69       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 5,61    | 3,92    |  |
| 19/01/2012                    | 5,00    | 6,32    | 5,66       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 5,58    | 3,90    |  |
| 02/02/2013                    | 5,01    | 5,8     | 5,405      | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 5,07    | 3,55    |  |
| 16/02/2013                    | 5       | 5,65    | 5,325      | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 5,00    | 3,50    |  |
| 02/03/2013                    | 4,98    | 4,98    | 4,98       | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 4,67    | 3,27    |  |
| 17/03/2013                    | 5,23    | 5,89    | 5,56       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 5,51    | 3,85    |  |
| 06/04/2013                    | 5,42    | 6,24    | 5,83       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 5,77    | 4,04    |  |
| 27/04/2013                    | 5,48    | 6,8     | 6,14       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 6,08    | 4,26    |  |
| 11/05/2013                    | 5,32    | 6,01    | 5,665      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,39    | 3,77    |  |
| 26/05/2013                    | 5       | 6,12    | 5,56       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,29    | 3,70    |  |
| 09/06/2013                    | 5,31    | 6,6     | 5,955      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,67    | 3,97    |  |
| 23/06/2013                    | 5,3     | 5,35    | 5,325      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 5,07    | 3,55    |  |
| 08/07/2013                    | 6,01    | 6,12    | 6,065      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 5,62    | 3,93    |  |
| 23/07/2013                    | 5,48    | 5,1     | 5,29       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,90    | 3,43    |  |
| 07/08/2013                    | 5,3     | 5,36    | 5,33       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,94    | 3,45    |  |
| 20/08/2013                    | 5,02    | 5,01    | 5,015      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 4,64    | 3,25    |  |

**Tabla 30. Cálculo de DBO de la estación 4 según el Standard method**

| CALCULO DE DBO5 ESTACIÓN 4 |           |           |            |  |             |             |         |      |      |
|----------------------------|-----------|-----------|------------|--|-------------|-------------|---------|------|------|
| FECHA                      | CONSUMO 5 | CONSUMO 5 | CONSUMO F. | CONSUMO Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O | MORALIDAD   | FACTOR (F)  | mg/l OD | OD   | DBO5 |
| 05/01/2013                 | 3,4       | 3,12      | 3,26       | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 3,21    | 5,61 | 2,39 |
| 19/01/2012                 | 3,2       | 3,2       | 3,2        | 19,9766                                  | 0,024628816 | 0,985152629 | 3,15    | 5,58 | 2,42 |
| 02/02/2013                 | 3,5       | 3,41      | 3,455      | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,24    | 5,07 | 1,83 |
| 16/02/2013                 | 3,65      | 3,66      | 3,655      | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,43    | 5,00 | 1,57 |
| 02/03/2013                 | 3,69      | 3,71      | 3,7        | 20,9734                                  | 0,023458285 | 0,93833141  | 3,47    | 4,67 | 1,20 |
| 17/03/2013                 | 4,01      | 4,02      | 4,015      | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,98    | 5,51 | 1,53 |
| 06/04/2013                 | 3,25      | 3,35      | 3,3        | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,27    | 5,77 | 2,50 |
| 27/04/2013                 | 3,28      | 3,38      | 3,33       | 19,8766                                  | 0,024752724 | 0,990108972 | 3,30    | 6,08 | 2,78 |
| 11/05/2013                 | 4,25      | 4,2       | 4,225      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 4,02    | 5,39 | 1,37 |
| 26/05/2013                 | 4,2       | 4,01      | 4,105      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,91    | 5,29 | 1,38 |
| 09/06/2013                 | 4,01      | 4         | 4,005      | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,81    | 5,67 | 1,86 |
| 23/06/2013                 | 4,02      | 4         | 4,01       | 20,6782                                  | 0,023793173 | 0,951726939 | 3,82    | 5,07 | 1,25 |
| 08/07/2013                 | 4,23      | 4,1       | 4,165      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,86    | 5,62 | 1,76 |
| 23/07/2013                 | 4,25      | 4,2       | 4,225      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,91    | 4,90 | 0,99 |
| 07/08/2013                 | 4,2       | 4,32      | 4,26       | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,94    | 4,94 | 0,99 |
| 20/08/2013                 | 4,3       | 4,19      | 4,245      | 21,2534                                  | 0,023149237 | 0,925969492 | 3,93    | 4,64 | 0,71 |

**Tabla 31. Valores medidos con el disco secchi en las 4 estaciones.**

| FECHA      | TURBIDEZ             |                      |                      |                      |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            | ESTACION 1<br>SECCHI | ESTACION 2<br>SECCHI | ESTACION 3<br>SECCHI | ESTACION 4<br>SECCHI |
| 05/01/2013 | 0,8                  | 0,75                 | 0,7                  | 0,8                  |
| 19/01/2012 | 0,65                 | 0,7                  | 0,7                  | 0,7                  |
| 02/02/2013 | 0,7                  | 0,75                 | 0,7                  | 0,7                  |
| 16/02/2013 | 0,6                  | 0,7                  | 0,65                 | 0,7                  |
| 02/03/2013 | 0,55                 | 0,6                  | 0,55                 | 0,65                 |
| 17/03/2013 | 0,55                 | 0,61                 | 0,61                 | 0,55                 |
| 06/04/2013 | 0,42                 | 0,5                  | 0,4                  | 0,45                 |
| 27/04/2013 | 0,43                 | 0,4                  | 0,4                  | 0,4                  |
| 11/05/2013 | 0,4                  | 0,4                  | 0,4                  | 0,45                 |
| 26/05/2013 | 0,45                 | 0,45                 | 0,45                 | 0,45                 |
| 09/06/2013 | 0,4                  | 0,42                 | 0,4                  | 0,4                  |
| 23/06/2013 | 0,38                 | 0,4                  | 0,42                 | 0,35                 |
| 08/07/2013 | 0,37                 | 0,36                 | 0,43                 | 0,36                 |
| 23/07/2013 | 0,38                 | 0,34                 | 0,38                 | 0,33                 |
| 07/08/2013 | 0,35                 | 0,34                 | 0,33                 | 0,34                 |
| 20/08/2013 | 0,35                 | 0,31                 | 0,34                 | 0,3                  |

**Tabla 32. Conteo de Coliformes fecales y totales en las 4 estaciones.**

| FECHA      | Coliformes totales (N.M.P./100 ml) |         |         |         | Coliformes Fecales (N.M.P./100 ml) |         |         |         |
|------------|------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------------|---------|---------|---------|
|            | Punto 1                            | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 | Punto 1                            | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
| 05/01/2013 | 23                                 | 30      | 27      | 19      | 14                                 | 29      | 12      | 10      |
| 19/01/2013 | 29                                 | 33      | 25      | 16      | 10                                 | 30      | 18      | 12      |
| 02/02/2013 | 33                                 | 36      | 29      | 35      | 30                                 | 30      | 22      | 25      |
| 16/02/2013 | 30                                 | 35      | 41      | 68      | 16                                 | 17      | 40      | 45      |
| 02/03/2013 | 65                                 | 61      | 58      | 60      | 40                                 | 41      | 27      | 36      |
| 17/03/2013 | 69                                 | 64      | 92      | 66      | 13                                 | 42      | 84      | 59      |
| 06/04/2013 | 110                                | 80      | 90      | 60      | 70                                 | 78      | 79      | 51      |
| 27/04/2013 | 215                                | 92      | 88      | 99      | 200                                | 90      | 81      | 88      |
| 11/05/2013 | 200                                | 100     | 100     | 110     | 200                                | 80      | 99      | 90      |
| 26/05/2013 | 198                                | 120     | 116     | 112     | 190                                | 100     | 100     | 112     |
| 09/06/2013 | N.A.                               | 112     | 90      | 110     | N.A.                               | 100     | 87      | 109     |
| 23/06/2013 | 215                                | 110     | 115     | 100     | 210                                | 106     | 100     | 100     |
| 08/07/2013 | 260                                | 240     | 123     | 140     | 259                                | 232     | 120     | 123     |
| 23/07/2013 | 267                                | 265     | 200     | 140     | 260                                | 260     | 200     | 123     |
| 07/08/2013 | 300                                | 301     | 190     | 168     | 301                                | 300     | 190     | 171     |
| 20/08/2013 | 307                                | 300     | 197     | 174     | 305                                | 240     | 190     | 170     |

**Tabla 33. Modelo de ficha de campo para la medición de parámetros *in situ***

| FICHA DE PARAMETROS            |            |    |    |           |
|--------------------------------|------------|----|----|-----------|
| <b>Sitio de Colección</b>      |            |    |    |           |
| <b>Estacion</b>                |            |    |    |           |
| <b>Personas que Colectaron</b> |            |    |    |           |
| FECHA                          | STD        | °c | pH | Salinidad |
|                                | 05/01/2013 |    |    |           |
| 19/01/2013                     |            |    |    |           |
| 02/02/2013                     |            |    |    |           |
| 16/02/2013                     |            |    |    |           |
| 02/03/2013                     |            |    |    |           |
| 17/03/2013                     |            |    |    |           |
| 06/04/2013                     |            |    |    |           |
| 27/04/2013                     |            |    |    |           |
| 11/05/2013                     |            |    |    |           |
| 26/05/2013                     |            |    |    |           |
| 09/06/2013                     |            |    |    |           |
| 23/06/2013                     |            |    |    |           |
| 08/07/2013                     |            |    |    |           |
| 23/07/2013                     |            |    |    |           |
| 07/08/2013                     |            |    |    |           |
| 20/08/2013                     |            |    |    |           |

## Ejemplo de Cálculo de ICA

| MES ENERO |       |          |              |              |       |       |      |           |                |                |
|-----------|-------|----------|--------------|--------------|-------|-------|------|-----------|----------------|----------------|
| OD        | DBO 5 | Turbidez | Col. Totales | Col. Fecales | STD   | °c    | pH   | Salinidad | Fosfato (mg/l) | Nitrato (mg/l) |
| 5,78      | 2,60  | 0,725    | 21           | 9            | 0,507 | 26,75 | 8,71 | 0,57      | 0,04           | 3              |

**Tabla 34. Cálculo de ICA – Oxígeno disuelto Estación 1**

| CALCULOS DE OD               |        |            |
|------------------------------|--------|------------|
| OD MEDIDO                    |        | 5,78       |
| OD CALCULADO                 |        | 8,00       |
| TEMPERATURA EN CELCIUS       |        | 26,75      |
| TEMPERATURA MEDIDA EN KELVIN |        | 299,9      |
| <b>CALCULO DE OD</b>         |        |            |
|                              | -139,3 |            |
|                              | 525,41 |            |
|                              | -738,5 |            |
|                              | 461,13 |            |
|                              | -106,6 |            |
| SUMA=LN(OD)                  | 2,08   |            |
| OD=                          | 8,0044 | ppm o mg/l |
|                              | I(OD)= | 72,2       |

**Tabla 35. Cálculo de ICA –DBO5 Estación 1**

| CÁLCULOS DE DBO     |             |           |       |
|---------------------|-------------|-----------|-------|
| VALOR MEDIDO DE DBO | 2,6         |           |       |
|                     |             | DBO<1.311 | 100   |
|                     |             | DBO>1.311 | 63,08 |
| CRITERIOS           | 0           |           |       |
|                     | 63,08181535 |           |       |
| I(DBO)=             | 63,08       |           |       |

**Tabla 36. Cálculo de ICA – Turbiedad Estación 1**

| TURBIEDAD        |                 |      |      |
|------------------|-----------------|------|------|
| turbiedad ( T )= | 72,5            |      |      |
| $I_T$ =          | 50,4            |      |      |
| validacion       | si $t < 1.54$ = | 0    |      |
|                  | si $t > 1.54$ = | 50,4 |      |
|                  | Resultado=      |      | 50,4 |

**Tabla 37. Cálculo de ICA – Fosfatos Estación 1**

| Fosfatos unidad mg/l |                      |       |
|----------------------|----------------------|-------|
| Fosfatos             |                      | 0,02  |
| $I_{PO_4}$ =         |                      | 206,9 |
| validación           | si $PO_4 < 0.0971$ = | 100,0 |
|                      | si $PO_4 > 0.0971$ = | 0,0   |
|                      | Resultado =          | 100,0 |

**Tabla 38. Cálculo de ICA – Coliformes Totales Estación 1**

| Coliformes Totales unidades NMP/ 100ml |                  |            |
|--|------------------|------------|
| Coliformes Totales                     |                  | 21         |
| ICT=                                   |                  | 42,8553855 |
| validación                             | si $CT \leq 0$ = | 0          |
|  | si $CT > 0$ =    | 42,855     |
|  | Resultado=       | 42,855     |

**Tabla 39. Cálculo de ICA – Coliformes Fecales Estación 1**

| Coliformes Fecales unidades NMP/ 100ml |             |        |
|--|-------------|--------|
| Coliformes Fecales                     | 9           |        |
| ICF=                                   | 34,88488029 |        |
| validación                             | si Ec<0=    | 0      |
|  | si Ec>0=    | 34,885 |
|  | Resultado=  | 34,885 |

**Tabla 40. Cálculo de ICA – STD Estación 1**

| Sólidos Totales Disueltos |     |  |              |        |
|---------------------------|-----|--|--------------|--------|
| TSD=                      | 507 |  | TSD<520      | 100    |
|                           |     |  | 520<TSD<6234 | 100,23 |
| CRITERIOS                 | 100 |  | TSD>6234     | 0      |
|                           | 0   |  |              |        |
|                           | 0   |  |              |        |
| ISD=                      | 100 |  |              |        |

**Tabla 41. Cálculo de ICA – pH Estación 1**

| pH                            |               |        |
|-------------------------------|---------------|--------|
| pH=                           | 8,71          |        |
| SI EL pH ES MENOR QUE 6.7     |               | 2,4738 |
| SI EL pH ESTA ENTRE 6.7 Y 7.3 |               | 100    |
| SI EL pH ES MAYOR QUE 7.3     |               | 1,668  |
|                               |               |        |
|                               | I(pH)<6.7     | 297,7  |
|                               | 6.7<I(pH)<7.3 | 100    |
|                               | I(pH)>7.3     | 46,6   |
|                               |               |        |
|                               | I(pH)=        | 46,6   |

**Tabla 42. Cálculo de ICA – Nitrato Estación 1**

| Nitratos unidades mg/l |                              |       |
|------------------------|------------------------------|-------|
| Nitrato unidad mg/l    | 3                            |       |
| INH3 =                 | 111,3                        |       |
| validación             | si N-NO <sub>3</sub> <4.097= | 100,0 |
|                        | si N-NO <sub>3</sub> >4.097= | 0,0   |
|                        | Resultado =                  | 100,0 |

**Tabla 43. Calculo de ICA – Estación 1**

| ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GLOBAL |             |             |             |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| RESULTADOS                        | IMPORTANCIA | I           | I*W         |
| PH                                | 1           | 46,6        | 46,6        |
| SOLIDOS DISUELTOS                 | 0,5         | 100,0       | 50          |
| OD                                | 5           | 72,2        | 361,0504288 |
| DBO                               | 5           | 63,1        | 315,4090768 |
| NITRATOS                          | 2           | 100,0       | 200         |
| FOSFATOS                          | 2           | 100,0       | 200         |
| TURBIEDAD                         | 0,5         | 50,4        | 25,19147487 |
| COLIFORMES FECALES                | 4           | 34,9        | 139,5395212 |
| COLIFORMES TOTALES                | 3           | 42,9        | 128,5661565 |
| PESO TOTAL                        | 23          |             | 1466,4      |
|                                   | <b>ICA=</b> | <b>63,8</b> |             |

**FOTOS – CAMPO**



**Foto 1. Represa San Vicente Colonche - Enero**



**Foto 2. Represa San Vicente Colonche – Septiembre**



**Foto 3. Estación 1**



**Foto 4. Estación 1 - últimos mes**



**Foto 5. Estación 2 - Zona de pesca con trasmallo y Catanga**



**Foto 6. Estación 3 - Torre de medición**



**Foto 7. Estación 4 cerca de la Zona de Lavandería y Recreación.**



**Foto 8. Ganado cerca de la Represa.**



Foto 9. Medición de parámetros *in situ*.



Foto 10. Soluciones fijadoras de oxígeno y botellas para DBO.



**Foto 11. Base Provisional para fijar muestras *in situ***



**Foto 12. Captura de Macroinvertebrados.**



Foto 13. Animales tomando agua cerca de la estación 4.



Foto 14. Fijación de Oxígeno.



**Foto 15. Sedimento del arrastre obtenido con la red sorber**



**Foto 16. Alistando el determinador multiparámetro YSI**

## **FOTOS – LABORATORIO**



**Foto 17. Medición de OD.**



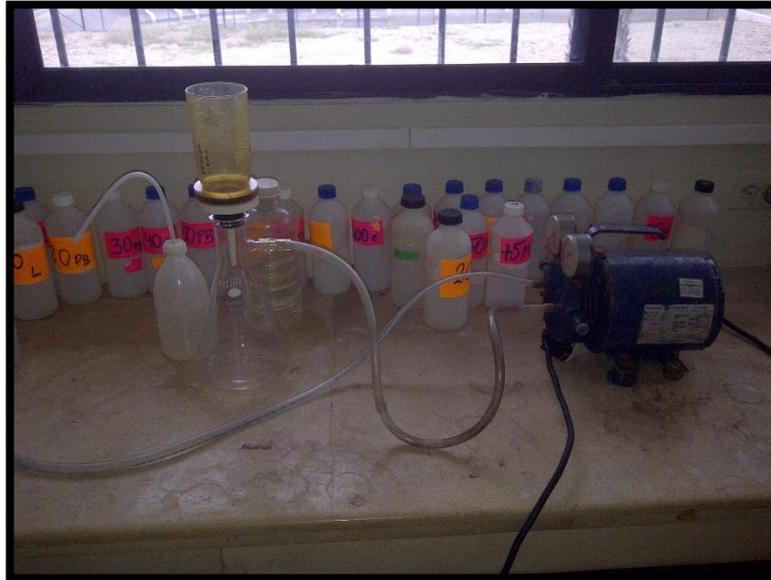
**Foto 18. Fiolas con muestra filtrada para determinación de Fosfato y Nitrato**



**Foto 19. Espectrofotómetro para determinar Nitrato y Fosfato**



**Foto 20. Filtrado de muestra previo a análisis**



**Foto 21. Sistema de filtrado con bomba de vacío.**



**Foto 22. Columna de Cadmio**



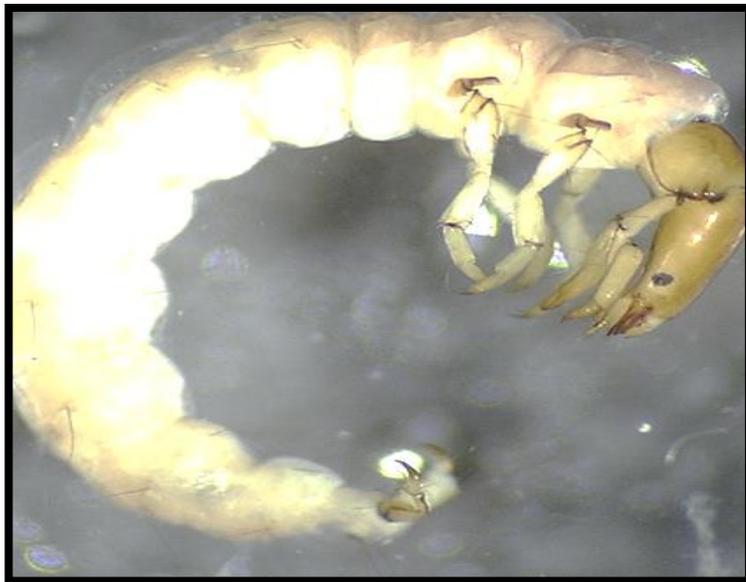
**Foto 23. Muestra de MAIA lista para ser tamizada**



**Foto 24. Preparando la muestra para revisar en el estereomicroscopio**



**Foto 25. Conteo de MAIA**



**Foto 26. Familia Hydrobiosidae**



**Foto 27. Familia Baetidae**



**Foto 28. Familia Chironomidae**



**Foto 29. Familia Coridalidae**



**Foto 30. Familia Elmidae.**

## BIBLIOGRAFÍA

**Allen, R.K. 1973.** New species of Leptohyphes Eaton

(Ephemeroptera:Tricorythidae). Pan Pacific Entomol. 49: 363-372.

**APHA. 1995.** Standard methods for the examination of water and waste water. Método para Determinación del color del agua 2120-

**APHA, AWWA, WPCF (S/A).** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. Ediciones DIAZ DE SANTOS.

**APHA-WPCF-AWNA (S/A).** Método del Cloruro estagñoso según la NORMA APHA-WPCF-AWNA.

**Blanco, D., W. Brigham. 1996.** Coleópteros acuáticos. Pp. 399-473 en R Meritt, K Cummins, eds. Introduccion a los insectos acuáticos de America del Norte. Dubuque. Iowa, EE.UU.: Kendall / Hunt Publishing Company.

**Brow, H. 1991.** Elmidae (Dryopoidea). Pp., Iowa, EE.UU.: Kendall / Hunt Publishing Company.

**Carrera, C. y Fierro, K. 2001.** Manual de monitoreo: los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua. Ecociencia Quito.

**Cisneros, R. & Espinosa, C. 2001.** Evaluación de la calidad del agua en los ríos Zamora Huayco, Malacatos y Zamora Loja-Ecuador: Un modelo de biomonitoreo. Tesis Blgo. 43pp. Cuenca, Ecuador. Universidad del Azuay.

**Clair N. Sawyer.; Perry L. McCarty.; & Gene F. Parkin. 2000.** QUÍMICA para Ingeniería Ambiental. 4ta Edición

**Correa, I. 2000.** Desarrollo de un índice biótico para evaluar la calidad ecológica del agua en los ríos de la cuenca alta del Río Chama, utilizando macroinvertebrados bénticos. Tesis de pregrado. Universidad de los Andes. Venezuela. 52 pp.

**Derisio, J. 1992.** Introducao ao controle da poluicao ambiental. CETESB, Sao Paulo, 201 p.

**Figuroa, R. 1999.** Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de calidad de agua, Río Damas, Osorno, X Región de los Lagos, Chile. Tesis para optar al Magister en Ciencias mención en Zoología. 105 pp.

**Flores, RW 1985.** Guajiolus, un nuevo genero de Neotropical Baetidae (Ephemeroptera). Stud. Neotropical Fauna y Medio Ambiente, 20:27-32.2.

**Giacometti, J. & Bersosa, F. 2006.** Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. Boletín Técnico 6, Serie Zoológica 2: 17-32. Carrera en Ciencias Agropecuarias, IASA I. Sangolquí, Ecuador Junio, 2006.

**Herbas, R.; Rivero, F. & Gonzáles, A. 2006.** Indicadores biológicos de la calidad del agua. Programa de Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia. 21 pp.

**Jairo, A. 2001.** *Potabilización del agua*. Ed. Alfa Omega. 3ª. Edición. 2001.

**Leiva, M. 2003.** Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en la cuenca del estero Peu Peu comuna de Lautaro

IX Región de la Araucanía. Tesis de Pregrado en Recursos Naturales.  
Universidad Católica de Temuco. Chile. 93 pp.

**Lobos, J. 2002.** Evaluación de los Contaminantes del Embalse del Cerrón Grande PAES 2002.

**Mafla, M. 2005.** Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica. Macroinvertebrados (BMWP - CR -Biological Monitoring Working Party) y Habitat (SVAP -Stream Visual Assessment Protocol). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).Turrialba, Costa Rica.

**Maldonado, P. 1998.** Evaluación De la Calidad del Agua del río Tomebamba utilizando los Macroinvertebrados como indicadores biológicos. Trabajo de tesis. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.

**Martínez, J. 1995.** Estudio de la calidad de las Aguas Superficiales del Río san Pedro. Programa de investigaciones biológicas (PIB94-2)

**Metcalf & Eddy. 2003.** Ingeniería de Aguas Residuales Volumen 1 pagina 97. McGraW-Hill, 2003 - Technology & Engineering - 1819 páginas

**Moreno, A. 2011.** En: Curso, El Agua, Calidad y Contaminación (1/2)

[en línea]. [s.l.] : mailxmail, 2011 [citado el 3 de diciembre de 2013].

Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-1-2/parametros-fisicos-calidad-aguas-sabor-olor>

**National Sanitation Foundation.** técnica-ICA (1974), (iii) ICA CCME (2001);

(iv) ICA (Nasirian , 2007), y el Índice de Calidad del Agua universal.

**OMS. 2002.** Guía para la calidad del agua potable Segunda Edición vol1 – 2

**Fuente: Reolon, L. 2010,** Programa de Formación Iberoamericano en

Materia de Aguas. Área temática 3.3. Calidad de las Aguas. Índices de calidad de agua. Buenos Aires –Argentina octubre de 2010.}

**Roldán, G. 1996.** Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del

Departamento de Antioquía. Primera reimpresión. Presencia Ltda.

Colciencias, Universidad de Antioquia, Bogotá – Colombia

**Roldán, G. 1999.** Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la

calidad del agua. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23 (88): 375-387.

**Roldan, G. 2004.** Identificación de la calidad de agua en Colombia, Uso del método BMWP/Col, Universidad de Antioquia Medellín Colombia16

**Salazar, J. 2005.** El fosforo en los sistemas ganaderos de leche. Agronomía Mesoamericana (002): 231-238.

**Semarnat,** Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 2002.

**Soledad, M. 2005.** Calidad del Agua en el Embalse de Yacyretá a través del estudio del fósforo como nutriente limitante. Trabajo Profesional de Hidráulica. Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.

**Tercedor, J. 1996.** Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía 2: 203 – 213.

**Terneus, E, Vásconez, J.; Carrasco, C. y Rosero, D. 2003.** Manual básico aplicado al estudio de la hidrobiología. Fundación para la investigación y conservación de los ecosistemas acuáticos. Quito – Ecuador.

**Yungán, J. 2011.** Estudio de la Calidad de Agua en los Afluentes de la Microcuenca del Río Blanco para Determinar las Causas de la Degradación y Alternativas de Manejo. CENID-FRN-UD;13T0660.