

# **CAPÍTULO I**

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1 Antecedentes de la investigación**

Un primer trabajo corresponde a (Segovia Villarrubia, 2016) quien realizó su trabajo de tesis denominado “Monitoreo de las aguas del Río Salinas con fines de determinar su autodepuración natural” del Río Salinas donde mediante un monitoreo de los parámetros demanda bioquímica de oxígeno, Oxígeno Disuelto y Coliformes totales, y utilizando el Método de Prati en un tramo de 40 km que proviene de la descarga de las aguas residuales de la ciudad de Entre Ríos.

El dicho trabajo tuvo como Objetivo General “Determinar la autodepuración natural existente del Rio Salinas aguas abajo mediante un monitoreo de los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Oxígeno Disuelto y Coliformes Totales en un tramo de 40 km que provienen de las aguas residuales de la Ciudad de Entre Ríos en época de estiaje en el año 2015”.

La autodepuración es el proceso de recuperación de un curso de agua después de un episodio de contaminación orgánica. Esta investigación busco determinar la autodepuración natural del Río Salinas, cuyas aguas abajo mediante un monitoreo de los parámetros de: Demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto y Coliformes totales en un tramo de 40 km que proviene de la descarga de las aguas residuales de la ciudad de Entre Ríos. Una vez obtuvo y proceso las muestras pudo comprobar que las aguas del río Salinas están siendo auto depuradas conforme sigue su curso, su capacidad máxima de autodepuración es de 0,55 mg/l entre cada punto establecido, y obteniendo como resultados con el método de Prati resultados que dichas aguas están contaminadas.

Realizó la obtención de 5 muestras de aguas para el análisis Físicoquímico cada 10 kilómetros de longitud, en el km 0 obtuvo un índice de Prati de 5,24 con un significado de aguas contaminadas, lo mismo en el kilómetro 10 obtuvo un índice de Prati de 5,21 con el significado de aguas contaminadas, por lo que se puede realizar una comparación de resultados, que lo detalle más adelante en la parte de discusión.

Como segundo trabajo que corresponde a mi persona (Miranda, 2017) que realicé un trabajo denominado “Investigación de la calidad del agua por Macroinvertebrados en la Sub cuenca del Río Santa Ana tramo Gareca – Puente Santa Ana del municipio de Entre Ríos - Tarija en el año 2017” donde mediante un Biomonitoreo utilizando el método BMWP/Bol se determinó la calidad del agua de dicho río.

El dicho trabajo tuvo como Objetivo General “Determinar la Calidad del agua del tramo Gareca - Puente del Río Santa Ana perteneciente a la subcuenca Santa Ana”, y como Objetivos Específicos los siguientes dos: “Monitorear el tramo de río de la subcuenca respectiva”, “Identificar y Evaluar las familias de Macroinvertebrados”

El tramo en el que se trabajó presenta una longitud de 12km con varios afluentes de riachuelos y quebradas y con grandes cortes de Talud que en varias partes fue inaccesibles la recolección de Macroinvertebrado por tener aguas rápidas, en base al el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/bol una vez realizado el trabajo de campo y posteriormente de gabinete se pudo determinar el valor de 116 en el índice BMWP/Bol, el mismo que corresponde a la sumatoria de grados de sensibilidad de las 16 familias de Macroinvertebrados, que recolectamos, dando como dato que las aguas de la Sub Cuenca del Río Santa Ana – Tramo Gareca-Puente Santa Ana son de calidad “Buena” que significa ( Aguas muy limpias, No contaminadas) de acuerdo a la Tabla 1 “Clases de calidad y los valores asignados al BMWP/Bol, además de los colores a ser utilizados en la representación cartográfica” Pag.10

El trabajo realizado en el Río Santa Ana, se realizó 7km de longitud antes de juntarse con el Río Pajonal, para formar el Río Salinas, por lo que pude obtener datos para una posterior discusión con mis resultados del presente trabajo más adelante.

## **7.2 Agua y su importancia**

El agua es un elemento vital para la vida, puesto que sin ella no existirá la vida en el planeta. Está formada por dos moléculas de hidrogeno y una de oxígeno, donde el 100% de agua disponible en la tierra, solamente el 0.03% se encuentra disponible en ríos, lagos, atmósfera y en la biota, sin embargo, el crecimiento demográfico y la creciente

industrial a nivel mundial hacen que este recurso cada vez se encuentre más limitado, puesto que los niveles de contaminación cada vez se van incrementando.

Se estima que aproximadamente el 70% del agua dulce se utiliza en la agricultura. El agua en la industria absorbe una media del 20% del consumo mundial, empleándose como medio en la refrigeración, el transporte y como disolvente de una gran variedad de sustancias químicas. El consumo doméstico absorbe el 10% restante<sup>3</sup>. A la disponibilidad del agua se suman los efectos del cambio climático que hace que este recurso sea cada vez más escaso. El ciclo comienza con el almacenamiento temporal del agua en los océanos, ríos, arroyos y en el subsuelo. El sol calienta el agua superficial de la Tierra, lo que produce el vapor de agua (evaporación) que se eleva hacia la atmósfera donde se enfría y se produce la condensación. En este proceso se forman pequeñas gotas que precipitan regresando a la tierra en forma de lluvia. A medida que cae la lluvia, parte de ella se evapora directamente hacia la atmósfera o es interceptada por los seres vivos, (MMAyA, 2012).

### **7.3 Biomonitorio**

El Proceso de la evaluación de la calidad acuática o ecológica incluye el uso del monitoreo como principal herramienta para definir la condición del recurso. El monitoreo puede abarcar periodos de muestreo largos, mediciones estandarizadas, colección de información en cierto número de estaciones, con el fin de recabar datos destinados a verificar las relaciones causa-efecto.

El ciclo del monitoreo está en función a los objetivos del programa, definiendo una estrategia de monitoreo y un diseño de la red, como también las actividades operacionales de la colección de muestras, el análisis en laboratorio, el manejo y análisis de datos, el reporte, la utilización e interpretación de la información. Los métodos de evaluación y monitoreo tradicionalmente usados son los químicos, en que se miden variables como el oxígeno disuelto, pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, conductividad, etc. En Bolivia existe abundante información en zonas mineras y urbanas. La desventaja de los métodos químicos es que solo dan un resultado puntual y momentáneo, que puede cambiar en poco tiempo. En cambio, los organismos acuáticos, por vivir mucho tiempo

en el agua son como “archivos” de lo que ocurre en el ecosistema, por lo que se han desarrollado métodos biológicos que se basan en las respuestas de los organismos acuáticos a las perturbaciones del medio, convirtiéndose estos en bioindicadores de la calidad ecológica del ecosistema, (MMAyA, 2012).

#### **7.4. ¿Cómo se evalúa las condiciones biológicas utilizando Macroinvertebrados bentónicos?**

El uso de los macroinvertebrados bentónicos para la vigilancia de la calidad de las aguas superficiales es una práctica habitual desde que se clasificaron los organismos según su tolerancia a diversos grados de contaminación. Para su aplicación y adopción se viene trabajando en la elaboración de índices bióticos basados en el análisis de la diversidad y estructuras de las comunidades de macroinvertebrados que existen en las diferentes regiones de nuestro país.

De los índices citados, el BMWP es el que presenta mayor versatilidad razón por la que muchos países lo adoptaron, entre ellos España y Portugal en Europa (BMWP'), Costa Rica (BMWP/Cr), Colombia (BMWP/Col), Argentina (BMWP' adaptado), Ecuador y Venezuela, además de Bolivia (BMWP/Bol) en América Latina, que fue elaborado en coordinación entre el Ministerio de Medio Ambiente y Agua y la Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos de la Universidad Mayor de San Simón.

Sin embargo, se debe hacer notar que, debido a la gran variación altitudinal en Bolivia, que conlleva a una gran diversidad de organismos, podría requerirse ajustes para la región de la llanura amazónica.

En general, para la aplicación del índice BMWP se requiere de un muestreo de tipo cualitativo que incluya todas las familias de macroinvertebrados que habiten en el tramo en estudio del cuerpo de agua. El índice se obtiene de la suma de las puntuaciones asignadas a las familias que se han identificado en la muestra.

La puntuación total del índice BMWP/Bol varía por lo general entre 0 y > 100. Para su interpretación, estas puntuaciones se agrupan en cinco rangos que corresponden a los

niveles de estado del cuerpo de agua. Estos rangos, incluyendo su representación en colores, se muestran en la siguiente tabla, (MMAyA, 2016).

**TABLA 1**  
**CLASES DE CALIDAD Y LOS VALORES ASIGNADOS AL BMWP/BOL,**  
**ADEMÁS DE LOS COLORES A SER UTILIZADOS EN LA**  
**REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA**

Clase	Calidad	BMWP/Bol	Significado	Color
I	Buena	>120 101-120	Aguas muy limpias. No contaminadas	<b>AZUL</b>
II	Aceptable	61-100	Se evidencia algún efecto de contaminación	<b>VERDE</b>
III	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	<b>AMARILLO</b>
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	<b>NARANJA</b>
V	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	<b>ROJO</b>

**Fuente** (MMAyA, 2016).

### **7.5 DBO<sub>5</sub>**

La demanda bioquímica de oxígeno mide la cantidad de oxígeno consumida por microorganismos en materia orgánica en descomposición en la corriente del agua. El DBO<sub>5</sub> también mide la oxidación química la materia inorgánica (p. ejemplo. la extracción del oxígeno del agua mediante reacción química). Se utiliza una prueba para medir la cantidad de oxígeno consumido por estos organismos durante un periodo de tiempo específico (usualmente 5 días a 20°C). La tasa de consumo de oxígeno en una corriente se afecta por un número de variables: temperatura, pH, la presencia de ciertos tipos de microorganismos y el tipo de material orgánico e inorgánico en el agua. El DBO<sub>5</sub> afecta directamente la cantidad de Oxígeno Disuelto en ríos y corrientes. A mayor DBO<sub>5</sub>, el oxígeno se agota más rápido. Esto significa que menos oxígeno está disponible para formas más complejas de vida acuática. Las consecuencias de un alto DBO<sub>5</sub> son las mismas que estas para bajo oxígeno disuelto: los organismos acuáticos se estresarán, sofocarán y morirán, (Milacron Marketing Co. Technical Report, 2014).

### **7.6 El Índice BMWP/bol.**

El Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) que traducido al español significa (Índice Grupo de Trabajo de Seguimiento Biológico), se instituyó en Inglaterra el año 1970, como un método simple que asigna un puntaje a todos los grupos de macroinvertebrados identificados al nivel de familia, teniendo como requisito datos cualitativos de presencia o ausencia. El puntaje asignado va de 1 a 10 de acuerdo a la tolerancia a la contaminación. Las familias más sensibles tienen una puntuación de 10 y las menos sensibles de 1, (Alba-Tercedor, J. & A. Sánchez-Ortega, 1988).

Una de las ventajas de este índice es que solamente se requiere la identificación a nivel de familia y el valor se obtiene por la suma de puntuación correspondiente a cada familia que habita en el tramo objeto de estudio.

La adaptación realizada del BMWP/Bol, fue elaborada a partir de una base de datos de 78 ríos ubicados en las cuencas del Amazonas, Endorreica y del Plata, además de la ponderación con los valores asignados por otros estudios realizados en la región Neotropical. Es necesario considerar que la gran variación altitudinal en Bolivia crea diferencias en cuanto a la diversidad de organismos, siendo menor en altitudes 7 mayores, por lo que es necesario realizar ajustes para la región de la llanura amazónica puesto que los valores del BMWP/Bol podrían variar debido a las condiciones ambientales naturales, lo mismo se puede decir por el tipo de sustrato en el cauce del río, ya que sustratos de arena no sustentan una gran diversidad de organismos comparado con sustratos pedregosos. Consideramos que el índice BMWP/Bol se puede aplicar, especialmente a las regiones altoandinas y los valles interandinos, pudiendo ser ajustable para otro tipo de condiciones, sin embargo, este índice ha sido probado en diferentes regiones del país y se concuerda adecuadamente, (MMAyA1, 2012).

### **7.7 El Índice de Prati**

Un importante parámetro para la discusión de la calidad fisicoquímica del agua, es el Oxígeno Disuelto. Una concentración alta es primordial para el desarrollo de la vida acuática, igualmente este juega un rol importante en la autodepuración de los ríos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones todo esto llevó a crear un índice individual de contaminación por los investigadores L. Prati, R Panavello y F Pesarin, del Instituto de Higiene de la Universidad de Ferrara de Italia y el Instituto de Estadísticas de Padua Universidad, Italia el 1971, que llegó a denominarse el Índice de Calidad Orgánica de Prati. Los investigadores observaron el índice como una posible herramienta para hacer un inventario comparativo de la calidad del agua en diferentes regiones o países. El índice de Prati permite trasladar información de concentraciones de las variables de mayor consideración en la valoración de contaminación orgánica de ríos a un índice que permite evaluar los grados de contaminación de fuentes de agua superficiales con la siguiente ecuación:

n: Número de Parámetros.

X: Unidad de Contaminación mg/l.

**TABLA 2**  
**ECUACIONES DE TRANSFORMACIÓN PARA OBTENER UNIDADES DE**  
**CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS**

Parámetros	Rango de parámetros	Ecuación
<b>Oxígeno Disuelto</b>	Saturación 50-100%	$X = 0.08 * (100 - Y)$
	Saturación 100 > %	$X = 0.08 * (Y - 100)$
<b>DBO5</b>	mg/l	$X = \frac{Y}{1.5}$

**Fuente:** (L. Prati, 1971).



**TABLA 3**  
**CLASIFICACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE**  
**ACUERDO AL ÍNDICE DE PRATI**

Rango	Contaminación del agua	Color de calidad
0-1	No contaminada	AZUL
1-2	Poco contaminada	VERDE
2-4	Moderadamente contaminada	AMARILLO
4-8	Contaminada	NARANJA
8-16	Muy Contaminada	ROJO
>16	Altamente contaminada	NEGRO

**Fuente:** (Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, 1998).

### 7.8 Indicador Biológico

La presencia, condición y cantidad de cierto grupo de organismos como los peces, insectos, algas, plantas, u otros de vida acuática puede proporcionar información precisa sobre la salud de un cuerpo de agua (ríos, arroyos, lagos, humedales, estuarios). Es decir, son las características biológicas que se utilizan para comprender los factores de su ambiente, (MMAyA, 2012).

### 7.9 Oxígeno Disuelto

En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. La concentración total de Oxígeno Disuelto [OD] dependerá del balance entre todos estos fenómenos. Si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta en el sistema, el tenor de O<sub>2</sub> caerá, pudiendo alcanzar niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos. Durante el día suelen encontrarse concentraciones mayores de OD cuando la fotosíntesis llega a sus mayores niveles luego del mediodía, mientras más bajas se registran durante la noche, así mismo es posible observar variaciones estacionales, así mismo el [OD] será dependiente de la

temperatura. El OD se puede expresar en miligramos por litro (mg/l) o en porcentaje de saturación (%). La primera de las opciones expresa directamente la masa de oxígeno por litro de agua, mientras la segunda se expresa como el porcentaje de la concentración de saturación para determinada temperatura como indica la siguiente tabla, (Goyenola, 2007).

**TABLA 4**  
**SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO CON RELACIÓN A LA**  
**TEMPERATURA**

<b>Temperatura</b>	<b>Oxígeno Disuelto</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Oxígeno Disuelto</b>
<b>(°C)</b>	<b>mg/L</b>	<b>(°C)</b>	<b>mg/L</b>
<b>0</b>	14.16	<b>17</b>	9.37
<b>1</b>	13.77	<b>18</b>	9.18
<b>2</b>	13.40	<b>19</b>	9.01
<b>3</b>	13.05	<b>20</b>	8.84
<b>4</b>	12.70	<b>21</b>	8.68
<b>5</b>	12.37	<b>22</b>	8.53
<b>6</b>	12.06	<b>23</b>	8.38
<b>7</b>	11.76	<b>24</b>	8.25
<b>8</b>	11.47	<b>25</b>	8.11
<b>9</b>	11.19	<b>26</b>	7.99
<b>10</b>	10.92	<b>27</b>	7.86
<b>11</b>	10.67	<b>28</b>	7.75
<b>12</b>	10.43	<b>29</b>	7.64
<b>13</b>	10.20	<b>30</b>	7.53
<b>14</b>	9.98	<b>31</b>	7.42
<b>15</b>	9.76	<b>32</b>	7.32
<b>16</b>	9.56		



















**Fuente:** (Bain y Stevenson, 1999).

### 7.10. Macroinvertebrados bentónicos

El término macroinvertebrado bentónico (macro, grande; invertebrado, carente de columna vertebral; Bentos, que vive en los fondos acuáticos) se refiere a la fauna de invertebrados de un tamaño relativamente grande, visibles al ojo humano, no muy inferiores de 0,5 mm, habitualmente mayores a 3 mm, que habitan los sustratos sumergidos de los medios acuáticos.

Comprenden principalmente artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos) y dentro de éstos dominan los insectos, en especial sus formas larvarias. También se encuentran oligochaeta, hirudíneos y moluscos, con menor frecuencia: celentéreos, briozoos o platelmintos y los macroinvertebrados son el grupo dominante en los ríos, fondos de lagos y humedales, (MMAyA, 2016).

**FIGURA 1**  
**TIPO DE HÁBITAT, ALIMENTACIÓN Y TIPO DE FORMAS DE LOS**  
**MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS**

Hábitat		Alimentación		Formas	
	En hojas flotantes y en sus restos		De plantas acuáticas, restos de otras plantas y algas		Redondeadas
	En troncos caídos y en descomposición		Otros invertebrados y peces		Ovalados
	En el lodo o en la arena del fondo del río		Pequeños restos de comida en descomposición y elementos nutritivos del suelo,		Alargados
	Sobre o debajo de las piedras		Animales en descomposición,		Espiralados
	Donde el agua es más corriente		Elementos nutritivos del agua		Alargado con 10 patas
	En lagunas, lagos, aguas estancadas, pozas y charcos		Sangre de otros animales.		Ovalado con 6 patas

Fuente: (MMAyA, 2016).

### **7.11. pH**

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. Se define como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La escala del pH es logarítmica con valores de 0 a 14. Un incremento de una unidad en la escala logarítmica, equivale a una disminución diez veces mayor en la concentración de iones de hidrógeno. Con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento de pH el agua se hace más básica.

La mayoría de los ambientes naturales tienen un pH entre 4 y 9. El pH del agua de mar es generalmente entre 7.5 y 8.4. En agua dulce, un pH con un valor de 6.5 a 8.5 protegerá a la mayoría de los organismos. Sin embargo, el valor del pH tolerado por diferentes organismos es diferente, (STATE WATER RESOURCES CONTROL BOARD, 2006).

### **7.12. Temperatura**

La temperatura es una medida de la energía cinética media de las moléculas de agua, se mide en una escala lineal de grados Centígrados o grados Fahrenheit.

Es uno de los parámetros más importantes de la calidad de agua, la temperatura afecta la química del agua y las funciones de los organismos acuáticos y la temperatura influye en:

- La cantidad de oxígeno que se puede disolver en el agua.
- La velocidad de fotosíntesis de las algas y otras plantas acuáticas.
- La velocidad metabólica de los organismos.
- La sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades.
- Épocas de reproducción, migración y estivación de organismos acuáticos.

(STATE WATER RESOURCES CONTROL , 2006)

## **8. MARCO LEGAL**

### **8.1. Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia**

#### **Bases Fundamentales del Estado**

## **Derechos, Deberes y Garantías**

### **Título III Derechos fundamentales y garantías**

**Artículo 16.** I. Toda persona tiene derecho al agua y a la alimentación.

II. El Estado tiene la obligación de garantizar la seguridad alimentaria, a través de una alimentación sana, adecuada y suficiente para toda la población.

### **Estructura y organización económica del Estado**

#### **Título II Medio Ambiente, Recursos Naturales, Tierra y Territorio**

##### **Capítulo segundo: recursos naturales**

**Artículo 348.** I. Son recursos naturales los minerales en todos sus estados, los hidrocarburos, el agua, el aire, el suelo y el subsuelo, los bosques, la biodiversidad, el espectro electromagnético y todos aquellos elementos y fuerzas físicas susceptibles de aprovechamiento.

II. Los recursos naturales son de carácter estratégico y de interés público para el desarrollo del país.

**Artículo 349.** I. Los recursos naturales son de propiedad y dominio directo, indivisible e imprescriptible del pueblo boliviano, y corresponderá al Estado su administración en función del interés colectivo.

II. El Estado reconocerá, respetará y otorgará derechos propietarios individuales y colectivos sobre la tierra, así como derechos de uso y aprovechamiento sobre otros recursos naturales.

III. La agricultura, la ganadería, así como las actividades de caza y pesca que no involucren especies animales protegidas, son actividades que se rigen por lo establecido en la cuarta parte de esta Constitución referida a la estructura y organización económica del Estado.

## **Capítulo Quinto: Recursos Hídricos**

**Artículo 373.** I. El agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad.

II. Los recursos hídricos en todos sus estados, superficiales y subterráneos, constituyen recursos finitos, vulnerables, estratégicos y cumplen una función social, cultural y ambiental. Estos recursos no podrán ser objeto de apropiaciones privadas y tanto ellos como sus servicios no serán concesionados y están sujetos a un régimen de licencias, registros y autorizaciones conforme a ley.

**Artículo 374.** I. El Estado protegerá y garantizará el uso prioritario del agua para la vida. Es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando el acceso al agua a todos sus habitantes.

### **8.2 Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica**

#### **Título II**

#### **Del Marco Institucional**

#### **Capítulo I del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

**Artículo 8º** Las atribuciones y competencias del MDSMA corresponden a lo dispuesto por la Ley 1493, el D.S. 23630, el Reglamento General de Gestión Ambiental y otras disposiciones legales vigentes.

**Artículo 9º** Para efectos del presente reglamento, el MDSMA tendrá las siguientes funciones, atribuciones y competencias:

- a) Definir la política nacional para la prevención y control de la calidad hídrica.
- b) Coordinar con los Organismos Sectoriales Competentes, las Prefecturas, los gobiernos municipales y las instituciones involucradas en la temática ambiental, las acciones de prevención de la contaminación de los cuerpos de agua, saneamiento y

control de la calidad de los recursos hídricos, así como las actividades técnicas ambientales.

c) Emitir normas técnicas para la prevención y control de la contaminación hídrica, en coordinación con los Organismos Sectoriales y las Prefecturas.

d) Velar por la aplicación de las normas técnicas para la prevención y control de la contaminación hídrica, en coordinación con los Organismos Sectoriales Competentes, Prefecturas y Gobiernos Municipales.

e) Aprobar la clasificación de los cuerpos de agua a partir de su aptitud de uso propuesta por la Instancia Ambiental Dependiente de la Prefectura.

f) Gestionar financiamiento para la aplicación de políticas de prevención y control de la contaminación hídrica;

g) Revisar cada 5 años los límites máximos permisibles de los parámetros indicados en el Anexo A del presente reglamento, en coordinación con los Organismos Sectoriales Competentes; cualquier modificación se basará en la comprobación de la eficiencia de las acciones y tratamientos encontrados y propuestos en la práctica nacional y/o en tecnologías disponibles, guías de la OPS/OMS y normas sobre procesos y productos.

h) Recibir información sobre el otorgamiento de permisos de descarga de aguas residuales crudas o tratadas.

i) Autorizar y cancelar las licencias de los laboratorios para los fines de este reglamento conforme a regulaciones específicas.

j) Levantar y mantener un inventario de los recursos hídricos referido a la cantidad y calidad de todos los cuerpos de agua a nivel nacional a fin de determinar su estado natural y actual.

k) Promover la investigación de métodos de tratamiento para la eliminación o reducción de contaminantes químicos y biológicos.

## **Capítulo II**

### **De la Autoridad a Nivel Departamental**

**Artículo 10°** Para efectos del presente reglamento y a nivel departamental, el Prefecto tendrá las siguientes atribuciones y funciones:

- a) Ejecutar las acciones de prevención de la contaminación de los cuerpos de agua, saneamiento y control de la calidad de los recursos hídricos, así como las actividades técnicas ambientales en coordinación con los Organismos Sectoriales Competentes y los Gobiernos Municipales.
- b) Establecer objetivos en materia de calidad del recurso hídrico;
- c) Identificar las principales fuentes de contaminación, tales como las descargas de aguas residuales, los rellenos sanitarios activos e inactivos, las escorias y desmontes mineros, los escurrimientos de áreas agrícolas, las áreas geográficas de intensa erosión de los suelos y las de inundación masiva.
- d) Proponer al MDSMA la clasificación de los cuerpos de agua en función de su aptitud de uso.
- e) Otorgar los permisos de descarga de aguas residuales crudas o tratadas.
- f) Aprobar el reusó, por el mismo usuario, de aguas residuales crudas o tratadas, descargadas al cuerpo receptor.
- g) Levantar y mantener un inventario de los recursos hídricos referido a la cantidad y calidad de todos los cuerpos de agua a nivel departamental, a fin de determinar sus estados natural y actual.
- h) Dar aviso al MDSMA y coordinar con Defensa Civil en casos. que ameriten una declaratoria de emergencia hídrica a nivel departamental por deterioro de la calidad hídrica.

### **Capítulo III**

#### **De los Gobiernos Municipales**

**Artículo 11°** Los Gobiernos Municipales, para el ejercicio de las atribuciones y competencias que les reconoce la ley en la presente materia, deberán, dentro del ámbito de su jurisdicción territorial:



- a) Realizar acciones de prevención y control de la contaminación hídrica, en el marco de los lineamientos, políticas y normas nacionales.
- b) Identificar las fuentes de contaminación, tales como las descargas residuales, los rellenos sanitarios activos e inactivos, escorias metalúrgicas, colas y desmontes mineros, escurrimientos de áreas agrícolas, áreas geográficas de intensa erosión de suelos y/o de inundación masiva, informando al respecto al Prefecto.
- c) Proponer al Prefecto la clasificación de los cuerpos de agua en función a su aptitud de uso.
- d) Controlar las descargas de aguas residuales crudas o tratadas a los cuerpos receptores.
- e) Dar aviso al Prefecto y coordinar con Defensa Civil en casos que ameriten una emergencia hídrica, a nivel local por deterioro de la calidad hídrica.

#### **Capítulo IV**

##### **De los Organismos Sectoriales Competentes**

**Artículo 12º** Los Organismos Sectoriales Competentes, en coordinación con el MDSMA y el Prefecto, participarán en la prevención y control de la calidad hídrica mediante propuestas relacionadas con:

- a) Normas técnicas sobre límites permisibles en la materia de su competencia.
- b) Políticas ambientales para el sector en materia de contaminación hídrica, las mismas que formarán parte de la política general del sector y de la política ambiental nacional.
- c) Planes sectoriales y multisectoriales considerando la prevención y el control de la calidad hídrica.

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

## 9. MATERIALES Y MÉTODOS

### 9.1. Área de Estudio

El trabajo de investigación se desarrolló, en la cuenca del Río Salinas, abarcando parte del distrito 1, Cantón Moreta, específicamente en las comunidades de Alambrado, Buena Vista, Naranjos y Valle del Medio que tiene una longitud aproximada de 10km, se ubica al sureste del Municipio de Entre Ríos, en la Provincia O'Connor del Departamento de Tarija, entre las siguientes coordenadas geográficas:

**TABLA 5**  
**COORDENADAS GEOGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Zona	Coordenadas	Altitud
Punto inicio – Valle del Medio.	21°35'12.72"S 64°09'1.21"O	1165msnm
Punto intermedio – Naranjos.	21°33'29.71"S 64°08'59.58"O	1189msnm
Punto final – Naciente Río Salinas – Alambrado.	21°32'14.65"S 64°09'58.71"O	1209msnm

**Fuente:** elaboración propia.

La recolección de Macroinvertebrados Bentónicos utilizando el método BMWP/Bol y la toma de muestras de agua para su respectivo análisis Físicoquímico y posteriormente determinar con el Método de Prati, se realizó en la temporada de verano en los meses de Enero, febrero y marzo, en los meses donde existe más precipitación fluvial según el Plan de Desarrollo Municipal de Entre Ríos (PDM) (Asociación Accidental Pilcomayo, 2014) se realizó la recolección en los 10km de longitud elegido para el estudio dividido en 3 estaciones, y para el análisis físicoquímico se obtuvieron 5 muestras de agua, 3 en el río y 2 de afluentes como ser una cascada y una quebrada, para obtener resultados de los siguientes parámetros, DBO<sub>5</sub>, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendedos, pH, y Temperatura, para el Método de Prati se utilizaron dos parámetros,

DBO<sub>5</sub> y Oxígeno Disuelto, para poder utilizar su respectivas formulas y poder obtener resultados de la calidad de dichas aguas.

La cuenca del río Salinas, se localiza al suroeste del municipio de Entre Ríos, tiene una superficie de 107.952ha. Según la división territorial se ubica al centro del departamento de Tarija, en la provincia O'Connor. Aproximadamente el 91% del territorio de la cuenca corresponde a paisaje de montañas, serranía y colinas, con disección y pendientes generalmente fuertes y sólo el 11% son paisajes de valles (piedemontes y terrazas), de los cuales, más del 85% corresponden al subandino; los suelos tienen fuertes restricciones físicas y riesgo de sufrir procesos de erosión hídrica. El 51% del territorio de la cuenca, está cubierto por bosques naturales densos a ralos, siempre verdes a semideciduo, de éstos, cerca del 26 % son bosques nublados de cabeceras de cuenca con características frágiles, con volúmenes maderables generalmente bajos a medios, (Plan de Manejo Integral de la cuenca del Río Salinas, 2008).

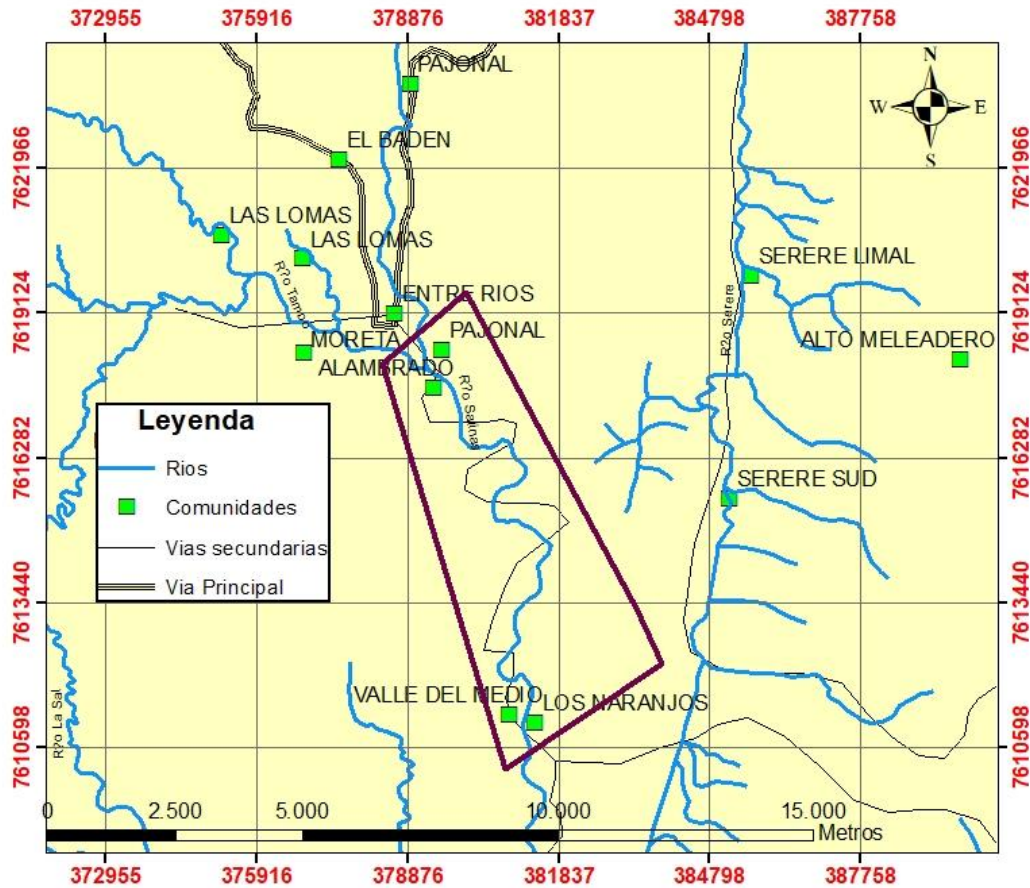
**TABLA 6**  
**PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN ANUAL Y MENSUAL POR ZONA (MM)**

<b>Estación</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Promedio</b>
El pajonal	212,4	201,4	200,6	94,9	23,6	9,5	4,7	6,3,	12,8	56,8	130,1	172,0	1125,0
Salinas	235,7	273,0	244,5	107,2	41,0	22,4	13,7	10,6	18,0	53,7	113,1	181,1	1314,0

**Fuente:** (Asociacion Accidental Pilcomayo, 2014).

**MAPA 1**  
**MAPA TEMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO**

**PROVINCIA O'CONNOR**



<p>UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLA Y FORESTALES CARRERA DE INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE</p> 		
<p><b>MAPA TEMATICO DEL AREA DE ESTUDIO</b></p>		
<p>Coordinate System WGS 1984 Datum UTM Zona 20S Projection: Transversa Mercator Datum WGS 1984 Escala 1:100.000</p>	<p>Elaborado por: Univ Eddy Alejandro Miranda Cuellar</p>	

**Fuente:** elaboracion propia.

## 9.2 Materiales

### 9.2.1. Método BMWP/Bol

N°	Descripción	Cantidad	Tamaño o Capacidad
1	Recipiente Colador.	2	Grande
2	Alcohol al 70%.	5	50ml
3	Frascos de vidrio.	6	200ml
4	Pinzas finas.	2	5cm
5	Etiquetas adhesivas.	6	(masking)
6	Marcador permanente.	2	
7	Lápiz negro.	2	
8	Baldes blancos.	1	10 L
9	Planillas de campo.	2	
10	Cámara digital.	1	20 Megapíxeles
11	GPS	1	

**Fuente:** elaboración propia.

### 9.2.2 Para el Análisis Físicoquímico

N°	Descripción	Cantidad	Tamaño o Capacidad
1	Frascos de polietileno.	5	2 l
2	Planillas de campo.	1	
3	Cámara digital.	1	20 megapíxeles
4	Etiquetas adhesivas.	5	

**Fuente:** elaboración propia.

### 9.3 Métodos

Los Métodos de Investigación para el presente trabajo son 3, Investigación Insitu, Cualitativo y Descriptivo.

#### 9.3.1 Investigación Insitu

Según los investigadores Santa Palella y Feliberto Martins, la investigación de campo consiste en la recolección de datos directo de la realidad, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural.

El investigador no manipula variables debido a que se pierde el entorno de naturalidad en el cual se manifiesta, (Santa Palella, Feliberto Martins, 2002).

Para el investigador Fideas Arias, la investigación de campo es aquella en la que los datos se recolectan o provienen directamente de los sujetos investigados o de la realidad en la que ocurren los hechos (datos primarios).

En esta investigación no se modifican ni manipulan variables; es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes.

En la investigación de campo también se emplean datos secundarios, los cuales pueden provenir de fuentes bibliográficas, (Arias, 1999).

El 40% del presente trabajo se lo realizará en el lugar, recolectando macroinvertebrados y muestras para el análisis fisicoquímico.

### **9.3.2 Investigación cualitativa**

La investigación con técnicas cualitativas está sometida a un proceso de desarrollo básicamente idéntico al de cualquier otra investigación de naturaleza cuantitativa, y el proceso se desenvuelve en cinco fases de trabajo:

#### **a). Definición del problema:**

Ninguna investigación cualitativa puede iniciarse sin una definición más o menos concreta del problema. La definición del problema siempre es provisional, porque la tarea central del análisis cualitativo es averiguar si la definición está bien definida.

Definir, por tanto, no es delimitar, rodear, circunscribir con precisión un problema, sino situarse, orientarse, sumergirse, acercarse, contactar con el núcleo, el foco, el centro del mismo.

#### **b). Diseño de trabajo:**

Tras la definición del problema es preciso elaborar un diseño o proyecto de trabajo y una de sus características más fundamentales de este diseño es precisamente su flexibilidad. El diseño supone una toma de decisiones que se sabe y se acepta de antemano.

El diseño abarca y comprende todos los pasos principales de los que consta una investigación y, por lo tanto, supone la elaboración de un calendario, de una fijación de espacios y de compromisos de actuación, un presupuesto económico, un programa de trabajo y un esquema teórico explicativo.

#### **c). Recogida de datos:**



Tres técnicas de recogida de datos destacan sobre todas las demás en los estudios cualitativos: la observación, la entrevista en profundidad y la lectura de textos. El principio y guía del procedimiento en la recogida de datos cualitativos es el de la inspección de primera mano que obliga al investigador a buscar la mayor proximidad a la situación, a la involución analítica de su persona con el fenómeno de estudio, a buscar el foco descriptivo y a estudiar la conducta rutinaria de cada día sin interferencias ni aislamientos artificiales. Los datos cualitativos son recogidos en aquellas situaciones en las que el observador dispone de una accesibilidad fácil para su adquisición, sin tener que recurrir a crear o fingir situaciones inexistentes en la realidad, y sin tener que recurrir a intermediarios.

**d). Análisis de datos:**

La observación, la entrevista y la lectura son instrumentos para poder llevar a cabo el análisis, tras haber recodificado la información con su ayuda, con éxito y acierto la interpretación de las interpretaciones, o la explicación de las explicaciones. El análisis de los datos en los estudios cualitativos, consiste en desentrañar las estructuras de significación y en determinar su campo social y su alcance.

**e). Informe y validación de la información:**

La cruz de todo estudio de investigación, tanto cuantitativa como cualitativa, es la de garantizar su validez; se pretende, sobre todo, generar interpretaciones conceptuales de hechos que ya están a mano, no proyectar resultados de posibles manipulaciones de estos datos. El trabajo cualitativo consiste en inscribir (descripción densa) y especificar (diagnóstico de la situación), es decir, establecer el significado que determinados actos sociales tienen para sus actores, y enunciar lo que este hallazgo muestra de su sociedad, y en general, de toda la sociedad, (Ruiz Olabuénaga,, 1996).

Teniendo los Macroinvertebrados recolectados y muestras para el análisis fisicoquímico, el trabajo en gabinete comienza, al identificar las familias de los macroinvertebrados de esta manera se tendrá resultados, lo mismo con el análisis fisicoquímico que el laboratorio obtendrá y por último el método de Índice de Prati

### **9.3.3 Investigación Descriptiva**

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento, (Deobold B. Van Dalen y William J. Meyer, 2006).

Teniendo las deducciones se describirá los resultados y se realizará la comparación de los resultados, continuando con las conclusiones respondiendo los objetivos específicos elegidos.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 10.1. Resultados de la determinación la calidad del agua con macroinvertebrados bentónicos método BMWP/Bol tramo naciente Río Salinas – Valle del Medio

Analizando la longitud total de tramo de estudio que es de 10km se decidió dividirlos en 3 estaciones para realizar la recolección de Macroinvertebrados Bentónicos, cada estación tiene una longitud de 3.333km a continuación en el siguiente mapa se describirá las estaciones seleccionadas para la recolección de macroinvertebrados en los 10km de longitud, desde Valle del Medio, hasta el naciente de Río Salinas – Alambrado.

#### MAPA 2

#### MAPA DE LAS 3 ESTACIONES SELECCIONADAS PARA LA RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS




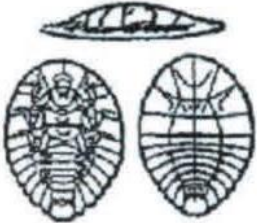


**Fuente:** elaboración propia.


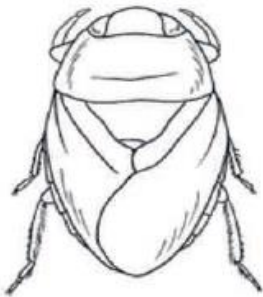



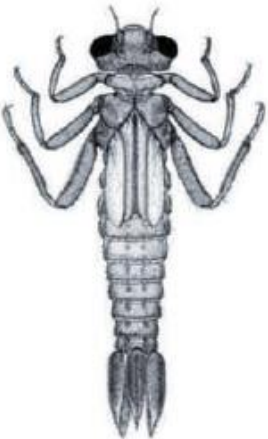
En el mapa 2 se puede observar las 3 estaciones seleccionadas para la recolección de macroinvertebrados bentónicos, dando inicio en la comunidad del Valle del Medio hasta el puente vehicular de Naranjos, representando la Estación I con el color amarillo,

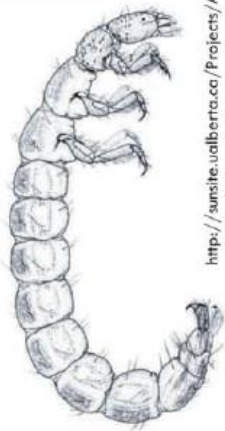





continuando la Estación II desde el puente vehicular de Naranjos hasta la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en la comunidad de Buena Vista, esta estación se representa con el color naranja, y finalizando la Estación III desde la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR hasta la naciente del Río Salinas, que se encuentra en la comunidad de alambrado y en el mapa se representa con el color verde claro.





A continuación, en el siguiente cuadro se describirá los macroinvertebrados encontrados en los 10km de longitud, desde Valle del Medio, hasta el naciente de Río Salinas – Alambrado.

**TABLA 7**  
**MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS TOTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**

MACROINVERTEBRADOS (FOTOGRAFÍA)	ESQUEMA GUÍA (MMYA)	ORDEN	FAMILIA	ÍNDICE BMWP/BOL
		Coleóptera	Psephenidae	10
		Trichoptera	Odontoceridae	10

		Hemiptera	Naucoridae	6
		Odonata	Libellulidae	6
		Odonata	Coenagrionidae	6

5	Hydropsychidae	Trichoptera	 <p><a href="http://sunsite.ualberta.ca/Projects/A">http://sunsite.ualberta.ca/Projects/A</a></p>	
5	Tipulidae	Diptera		
4	Aegliidae	Decapoda		

		Coleoptera	Hydrophilidae	4
		Diptera	Chironomidae	2
Total.				58

**Fuente:** elaboración propia.

Se recolectó 10 diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos, en todo el área de estudio, dando una puntuación total de (BMWP/Bol = 58), según la *Tabla N°1 Clases de calidad y los valores asignados al BMWP/Bol, además de los colores a ser utilizados en la representación cartográfica (Pág. 10)* nos da un resultado de calidad de agua “Dudosa” que está dentro del rango de 36-60, lo que significa que las aguas del Río Salinas tiene sus aguas contaminadas y que para una representación cartográfica es el color amarillo.

A continuación, se describirá cada estación seleccionada.



**TABLA 8**  
**MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN LA ESTACIÓN I**

N°	Orden	Familia	Índice BMWP/Bol
1	Coleóptera	Psephenidae	10
2	Trichoptera	Odontoceridae	10
3	Hemíptera	Naucoridae	6
4	Odonata	Libellulidae	6
5	Trichoptera	Hydropsychidae	5
6	Decapoda	Aeglidae	4
7	Coleoptera	Hydrophilidae	4
8	Díptera	Chironomidae	2
<b>Total</b>			<b>47</b>

**Fuente:** elaboración propia.

En la estación I se pudo recolectar 8 diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos, en esta estación de 3.33km de longitud, que representa el 33.3% de total de superficie estudiado, dando una puntuación total de (BMWP/Bol 47), según la *Tabla N°1 Clases de calidad y los valores asignados al BMWP/Bol, además de los colores a ser utilizados en la representación cartográfica (Pág. 10)* nos da un resultado de calidad de agua “Dudosa” que está dentro del rango de 36-60, lo que significa que las aguas del Río Salinas en esta estación, se encuentran contaminadas y cuya representación cartográfica es el color amarillo.

**TABLA 9**  
**UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN I**

	<b>Zona</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud</b>
<b>De</b>	Punto Inicial – Valle del Medio.	21°35'12.72"S 64° 09'1.21"O	1165msnm
<b>Hasta</b>	Puente Vehicular de Naranjos.	21°33'55.97"S 64° 8'49.62"O	1189msnm

**Fuente:** elaboración propia.

**TABLA 10**  
**MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN LA ESTACIÓN II**

<b>N°</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Índice BMWP/Bol</b>
<b>1</b>	Coleóptera	Psephenidae	10
<b>2</b>	Odonata	Coenagrionidae	6
<b>3</b>	Odonata	Libellulidae	6
<b>4</b>	Diptera	Tipulidae	5
<b>5</b>	Trichoptera	Hydropsychidae	5
<b>6</b>	Decapoda	Aeglidae	4
<b>7</b>	Coleoptera	Hydrophilidae	4
<b>8</b>	Díptera	Chironomidae	2
<b>Total</b>			42

**Fuente:** elaboración propia.

En la estación II también se pudo recolectar 8 diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos, en esta estación de 3.33km de longitud, que representa

el 33.3% de total de superficie estudiado, dando una puntuación total de (BMWP/Bol 42), según la *Tabla N°1 Clases de calidad y los valores asignados al BMWP/Bol, además de los colores a ser utilizados en la representación cartográfica (Pág. 10)* nos da un resultado de Calidad de agua “Dudosa” que está dentro del rango de 36-60, lo que significa que las aguas del Río Salinas en esta estación, se encuentran contaminadas y cuya representación cartográfica es el color amarillo.

**TABLA 11**  
**UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN II**

	<b>Zona</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud</b>
<b>De</b>	Puente Vehicular de Naranjos.	21°33'55.97"S 64° 8'49.62"O	1189msnm
<b>Hasta</b>	Construcción PTAR - Buena Vista.	21°33'1.72"S 64° 9'2.93"O	1197msnm

**Fuente:** elaboración propia.

**TABLA 12**  
**MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS EN LA ESTACIÓN III**

<b>N°</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Índice BMWP/Bol</b>
1	Coleóptera	Psephenidae	10
2	Trichoptera	Odontoceridae	10
3	Odonata	Libellulidae	6
4	Trichoptera	Hydropsychidae	5
5	Decapoda	Aeglidae	4
6	Díptera	Chironomidae	2
<b>Total</b>			<b>37</b>

**Fuente:** elaboración propia.

En la estación III se pudo recolectar 6 diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos, en esta estación de 3.33km de longitud, que representa el 33.3% de total de superficie estudiado, dando una puntuación total de (BMWP/Bol 38), según la *Tabla N°1 Clases de calidad y los valores asignados al BMWP/Bol, además de los colores a ser utilizados en la representación cartográfica (Pág. 10)* nos da un resultado de calidad de agua “Dudosa” que está dentro del rango de 36-60, lo que significa que las aguas del Río Salinas en esta estación, se encuentran contaminadas y cuya representación cartográfica es el color amarillo.

**TABLA 13**  
**UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN III**

	<b>Zona</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud</b>
De	Construcción PTAR -	21°33'1.72"S	1197msnm
	Buena Vista.	64° 9'2.93"O	
Hasta	Naciente Río Salinas –	21°33'1.72"S	1201msnm
	Alambrado.	64° 9'2.93"O	

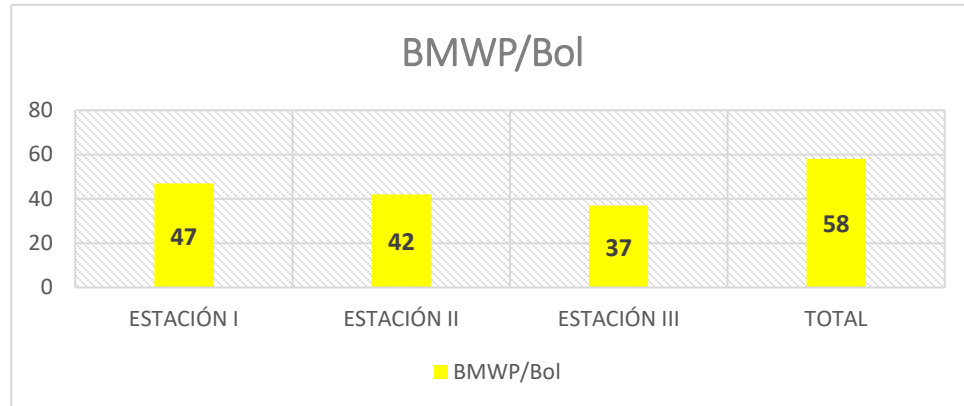
**Fuente:** elaboración propia.

**TABLA 14**  
**RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ESTACIONES I, II, III**

<b>Estación</b>	<b>Índice</b>	<b>Valores obtenidos</b>	<b>Calidad</b>	<b>Significado</b>	<b>Color</b>
<b>I</b>	Índice BMWP/Bol	47	Dudosa	Aguas contaminadas.	
<b>II</b>	Índice BMWP/Bol	42	Dudosa	Aguas contaminadas.	
<b>III</b>	Índice BMWP/Bol	37	Dudosa	Aguas contaminadas.	

**Fuente:** elaboración propia.

**GRÁFICO 1**  
**RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ESTACIONES I, II, III**



**Fuente:** elaboración propia.

Como se observa en el gráfico de arriba, se obtuvo en las tres estaciones, puntuaciones de 47, 42 y 38, el motivo por la decadencia de resultados fue por no hallazgos de diferentes familias de macroinvertebrados en las diferentes estaciones, pero que dicho dato está dentro del rango 36 - 60 lo que significa que las aguas de Río Salinas tienen una calidad (dudosa) aguas contaminadas, y un total de 58 en los 10km de longitud, es decir el total de todas las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos encontrados en toda el área de estudio.

### **10.2 Resultados de la determinación de la calidad del agua con el análisis fisicoquímico con los parámetros DBO<sub>5</sub>, Oxígeno Disuelto, Temperatura, pH, Sólidos suspendidos del Río Salinas tramo nacimiento Río Salinas – Valle del Medio**

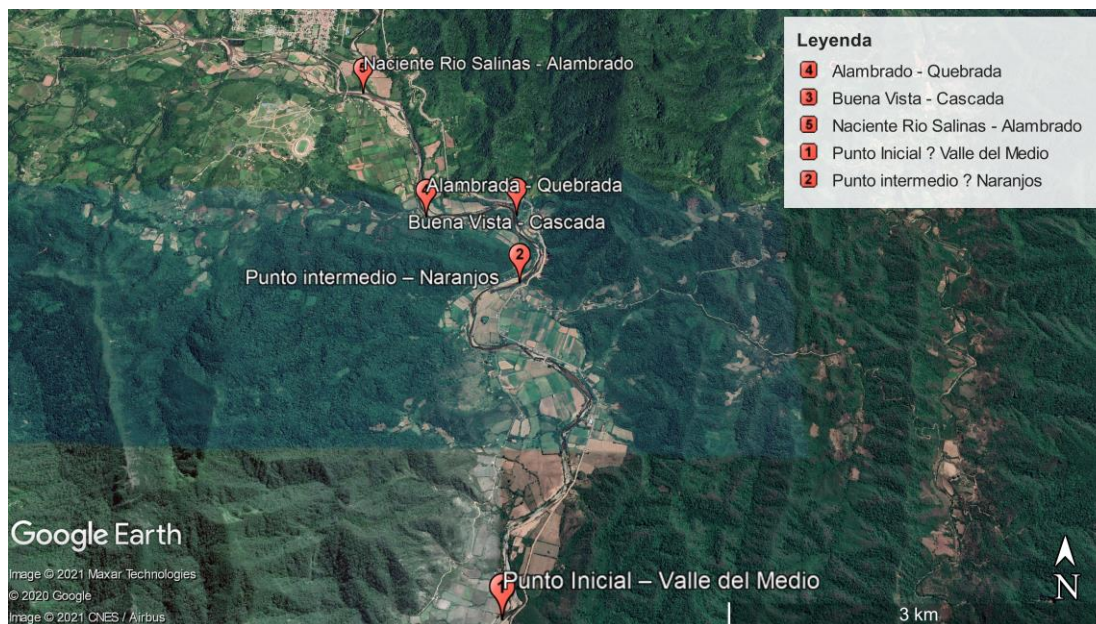
Para la determinación de la calidad de agua del Río Salinas, se tomaron muestras de 5 puntos, tres fueron tomadas del Río Salinas, uno de una pequeña cascada y una quebrada, ambos efluentes que alimentaban al río ya nombrado, se describirá a continuación en la siguiente tabla.

**TABLA 15**  
**UBICACIÓN DE LOS PUNTOS PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE**  
**AGUA DEL RÍO SALINAS**

Punto	Zona	Coordenadas Geográficas	Observación
1	Punto inicial- Valle del Medio.	21°35,12'5''S 64°09'00,0''W	Río Salinas
2	Punto intermedio – Naranjos.	21°33'29,1''S 64°08'57,1''W	Río Salinas
3	Buena Vista.	21°33'07,04''S 64°09'00,0''W	Cascada
4	Alambrado.	21°33'05,8''S 64°09'32''W	Quebrada
5	Naciente Río Salinas- Alambrado.	21°32'14,3''S 64°09'58,3''W	Río Salinas

**Fuente:** elaboración propia.

**MAPA 3**  
**MAPA DE LOS PUNTOS SELECCIONADOS PARA LA OBTENCIÓN DE**  
**MUESTRAS DE AGUA, PARA EL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO**



**Fuente:** elaboración propia.

En el mes de febrero del presente año se realizó la toma de muestras en los 5 puntos ya mencionados, para trasladarlos al laboratorio de CEANID (Centro de Análisis Investigación y desarrollo) de la UAJMS (Universidad Autónoma Juan Misael Saracho) para su respectivo análisis de los parámetros siguientes: DBO<sub>5</sub>, Oxígeno Disuelto, Temperatura, pH, Sólidos suspendidos, se obtuvieron los siguientes resultados.

**TABLA 16**  
**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO CEANID**

Parámetros	Unidad	P1	P2	P3	P4	P5
DBO <sub>5</sub>	(mg/l)	2,7	2,1	4,9	9,3	2,7
Oxígeno Disuelto	(mg/l)	6,35	6,58	6,66	6,61	6,12
pH	----	7,76	7,76	8,19	8,37	7,89
Solidos Suspendidos	(mg/l)	6,0	2,0	4,0	2,0	6,0
Temperatura	(°C)	20,1	19,7	19,8	19,9	20,3

**Fuente:** elaboración Propia.

**TABLA 17**  
**VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS DE AGUA (RMCH)**

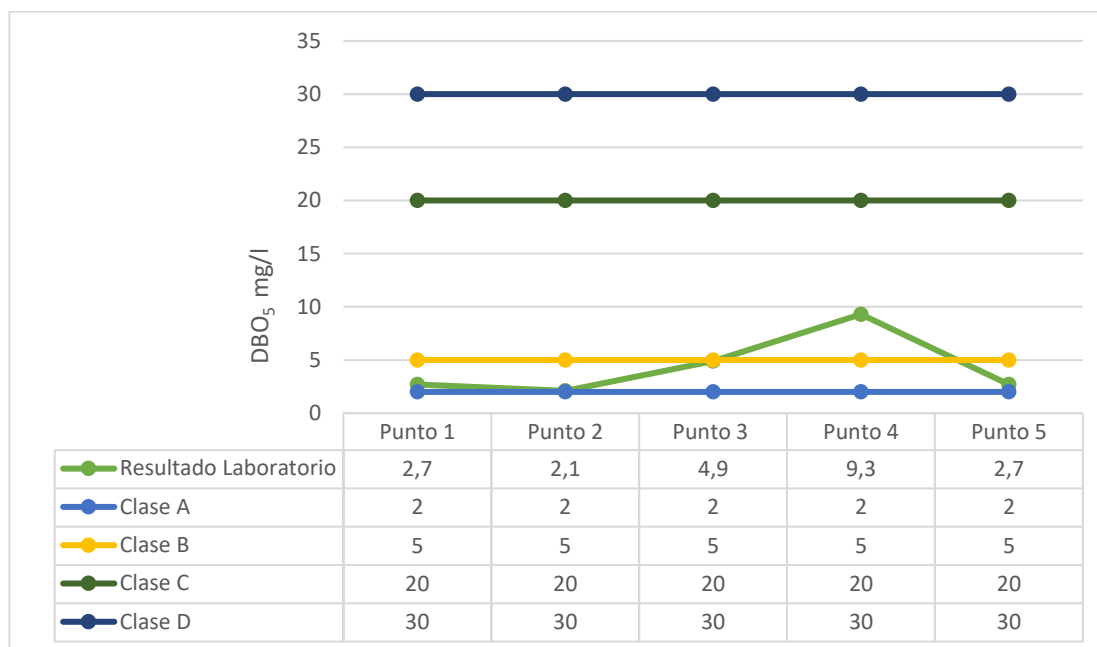
Nº	Parámetros	Unidad	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D
1	DBO <sub>5</sub>	(mg/l)	<2	<5	< 20	<30
2	Oxígeno Disuelto	(mg/l)	>80% sat	> 70% sat	> 60 % sat	> 50% sat
3	pH		6.0 a 8.5	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0
4	Temperatura	°C	(+/-) 3°C de c. receptor	(+/-) 3 °C de c. receptor	(+/-) 3 °C de c. receptor	(+/-) 3 °C de c. receptor
5	Turbidez (Sólidos Suspendidos)	NTU	<10	<50	<100 <2000	<2000 – 10000***

**Fuente:** elaboración Propia (RMCH).

### 10.2.1 Análisis de resultados del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno

#### GRÁFICO 2

#### VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS DE AGUA DEL PARÁMETRO DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)



**Fuente:** elaboración Propia.

#### ➤ Punto 1. Comunidad Valle del Medio – Inicio del Área de Estudio

El resultado del Punto 1 que tiene como ubicación en la comunidad de Valle del Medio - Inicio del área de estudio, muestra obtenida del río, fue de 2.7mg/l, un resultado por encima de la Categorías “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <2, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 2 - < 5.

#### ➤ Punto 2. Comunidad Naranjos – Punto Intermedio

El resultado del Punto 2 que tiene como ubicación en la comunidad de Naranjos – Punto Intermedio del área de estudio, muestra obtenida del río, fue de 2,1mg/l, un resultado por encima de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de



Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <2, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 2 - < 5.

➤ **Punto 3. Comunidad Buena Vista (Cascada)**

El resultado del Punto 3 que tiene como ubicación en la comunidad de Buena Vista, muestra obtenida de un efluente que alimentaba al Río Salinas (Cascada), fue de 4,9mg/l, un resultado por encima de la categorías “Clase A ”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <2, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 2 - < 5.

➤ **Punto 4. Comunidad Alambrado (Quebrada)**

El resultado del Punto 4 que tiene como ubicación en la comunidad de Alambrado, muestra obtenida de un afluente que alimentaba al Río Salinas (Quebrada), fue de 9,3 mg/l, un resultado por encima de la Categorías “Clase A y B”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <2, pero está dentro de la categoría “Clase C” que tiene como rango 5 - < 20.

➤ **Punto 5. Comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas**

El resultado del Punto 5 que tiene como ubicación en la comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas, muestra obtenida del río, fue de 2,71mg/l, un resultado por encima de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <2, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 2 - < 5.

### 10.2.2 Análisis de resultados del parámetro Oxígeno Disuelto

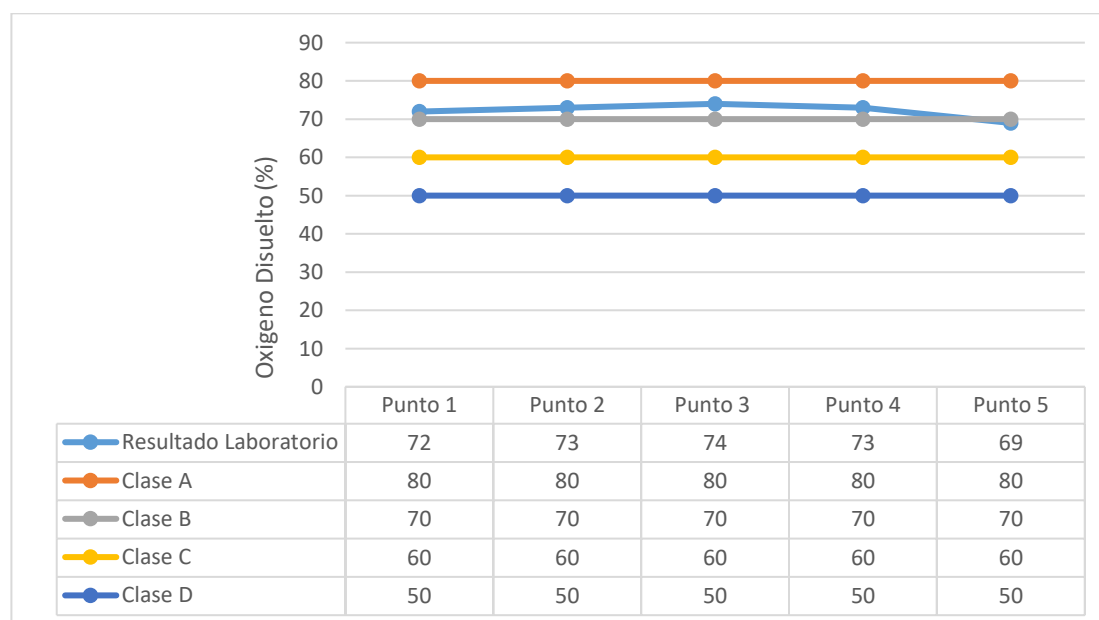
Los resultados obtenidos del parámetro Oxígeno Disuelto fueron dados en unidad mg/l y se realizó la transformación a Porcentajes Saturación de Oxígeno Disuelto (%) para poder realizar la comparación con los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente.

**TABLA 18**  
**TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES DEL OXÍGENO DISUELTO**

Parámetro	Unidad	P1	P2	P3	P4	P5
Oxígeno Disuelto.	(mg/l)	6,35	6,58	6,66	6,61	6,12
Porcentaje de Saturación.	%	72	73	74	73	69

**Fuente:** elaboración propia.

**GRÁFICO 3**  
**VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS DE AGUA DEL PARÁMETRO OXÍGENO DISUELTO**



**Fuente:** elaboración propia.

➤ **Punto 1. Comunidad Valle del Medio – Inicio del Área de Estudio**

El resultado del Punto 1 que tiene como ubicación en la comunidad de Valle del Medio - Inicio del área de estudio, muestra obtenida del río, fue de 6,35mg/l – 73% Saturación, un resultado por debajo de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <80, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 60 - < 70.

➤ **Punto 2. Comunidad Naranjos – Punto Intermedio**

El resultado del Punto 2 que tiene como ubicación en la comunidad de Naranjos - Punto Intermedio del área de estudio, muestra obtenida del río, fue de 6,58mg/l – 72% de saturación, un resultado por debajo de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <80, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 60 - < 70.

➤ **Punto 3. Comunidad Buena Vista (Cascada)**

El resultado del Punto 3 que tiene como ubicación en la comunidad de Buena Vista, muestra obtenida de un efluente que alimentaba al Río Salinas (Cascada), muestra obtenida del río, fue de 6,66mg/l – 74% de saturación, un resultado por debajo de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <80, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 60 - < 70.

➤ **Punto 4. Comunidad Alambrado (Quebrada)**

El resultado del Punto 4 que tiene como ubicación en la comunidad de Alambrado, muestra obtenida de un afluente que alimentaba al Río Salinas (Quebrada), fue de 6,61 mg/l – 73% Saturación, un resultado por debajo de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio

Ambiente, donde su máximo rango es menor de <80, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 60 - < 70.

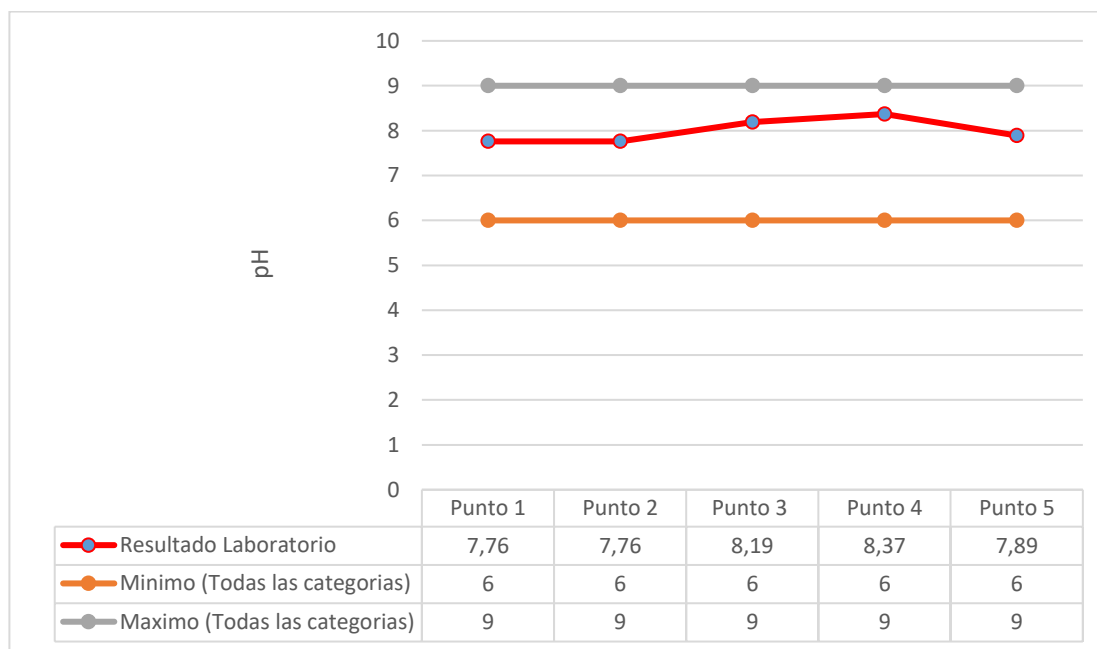
➤ **Punto 5. Comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas**

El resultado del Punto 5 que tiene como ubicación en la comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas, muestra obtenida del río, fue de 6,35 mg/l – 72 % de saturación, un resultado por debajo de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <80, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 60 - < 70.

### 10.2.3 Análisis de resultados del parámetro pH

**GRÁFICO 4**

#### **VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS DE AGUA DEL PARÁMETRO PH**



**Fuente:** elaboración propia.

➤ **Punto 1. Comunidad Valle del Medio – Inicio del Área de Estudio**

El resultado del Punto 1 que tiene como ubicación en la comunidad de Valle del Medio - Inicio del área de estudio, muestra obtenida del río, fue un pH de 7,76, un resultado que está dentro del rango de las categorías “Clase A, B, C, D”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, que sería como mínimo 6 a máximo 9 de pH.

➤ **Punto 2. Comunidad Naranjos – Punto Intermedio**

El resultado del Punto 2 que tiene como ubicación en la comunidad de Naranjos - Punto Intermedio del área de estudio, muestra obtenida del río, fue un pH de 7,76, un resultado que está dentro del rango de las categorías “Clase A, B, C, D”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, que sería como mínimo 6 a máximo 9 de pH.

➤ **Punto 3. Comunidad Buena Vista (Cascada)**

El resultado del Punto 3 que tiene como ubicación en la comunidad de Buena Vista, muestra obtenida de un efluente que alimentaba al Río Salinas (Cascada), fue un pH de 8,19, un resultado que está dentro del rango de las categorías “Clase A, B, C, D”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, que sería como mínimo 6 a máximo 9 de pH.

➤ **Punto 4. Comunidad Alambrado (Quebrada)**

El resultado del Punto 4 que tiene como ubicación en la comunidad de Alambrado, muestra obtenida de un afluente que alimentaba al Río Salinas (Quebrada), fue un pH de 8,37, un resultado que está dentro del rango de las categorías “Clase A, B, C, D”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, que sería como mínimo 6 a máximo 9 de pH.

➤ **Punto 5. Comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas**

El resultado del Punto 5 que tiene como ubicación en la comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas, muestra obtenida del río, fue un pH de 7,89 un resultado que está dentro del rango de las categorías “Clase A, B, C, D”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, que sería como mínimo 6 a máximo 9 de pH.

**10.2.4 Análisis de resultados del parámetro Sólidos Suspendidos (Turbidez)**

Los resultados obtenidos del parámetro Sólidos Suspendidos fueron dados en unidad mg/l y se realizó la transformación a NTU (Nephelometric Turbidity Unit) para poder realizar la comparación con los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente.

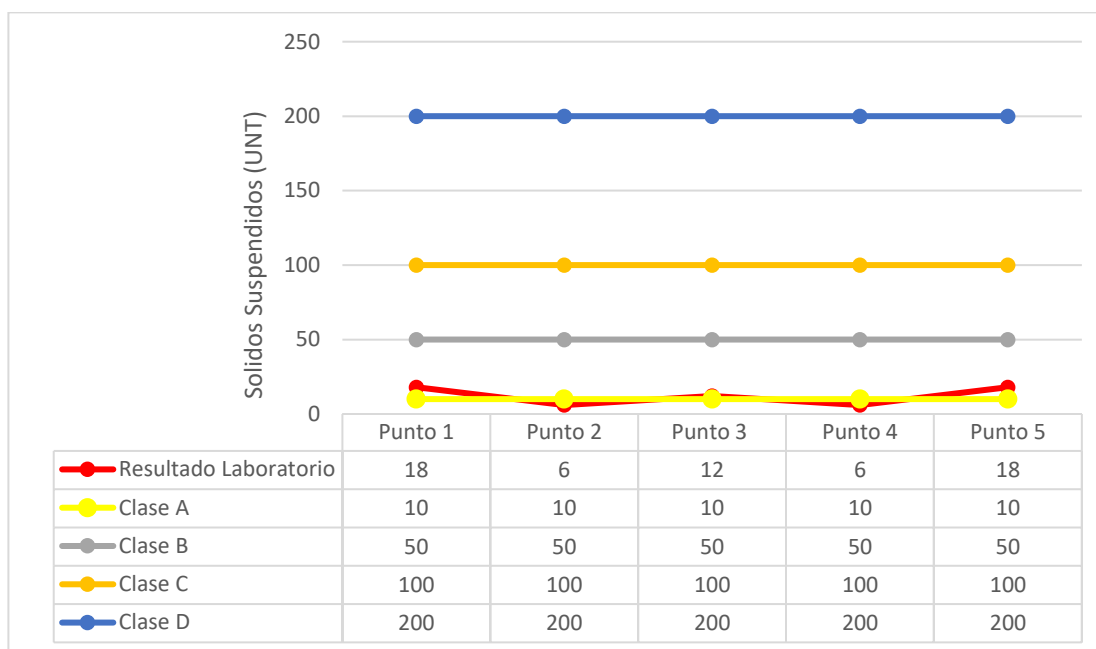
**TABLA 19**  
**TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES DEL PARÁMETRO SÓLIDOS**  
**SUSPENDIDOS (TURBIDEZ)**

<b>Parámetros</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
Sólidos Suspendidos (mg/l)	6,0	2,0	4,0	2,0	6,0
UNT	18	6	12	6	18

Nota: La relación entre NTU y sólidos en suspensión es la siguiente, 1 mg/l (ppm) equivale a 3 NTU

**Fuente:** elaboración propia.

**GRÁFICO 5**  
**VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS DE**  
**AGUA DEL PARÁMETRO SÓLIDOS SUSPENDIDOS (TURBIDEZ)**



**Fuente:** elaboración propia.

➤ **Punto 1. Comunidad Valle del Medio – Inicio del Área de Estudio**

El resultado del Punto 1 que tiene como ubicación en la comunidad de Valle del Medio - Inicio del área de estudio, muestra obtenida del río, fue de 6,0mg/l – 18 UNT, un resultado por encima de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <10, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 10- < 50.

➤ **Punto 2. Comunidad Naranjos – Punto Intermedio**

El resultado del Punto 2 que tiene como ubicación en la comunidad de Naranjos - Punto Intermedio del área de estudio, muestra obtenida del río, fue de 2,0mg/l – 6 UNT, un resultado por dentro de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de

Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <10.

➤ **Punto 3. Comunidad Buena Vista (Cascada)**

El resultado del Punto 3 que tiene como ubicación en la comunidad de Buena Vista, muestra obtenida de un efluente que alimentaba al Río Salinas (Cascada), fue de 4,0mg/l – 12 UNT, un resultado por encima de la Categorías “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <10, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 10- < 50.

➤ **Punto 4. Comunidad Alambrado (Quebrada)**

El resultado del Punto 4 que tiene como ubicación en la comunidad de Alambrado, muestra obtenida de un afluente que alimentaba al Río Salinas (Quebrada), fue de 2,0mg/l – 6 UNT, un resultado por dentro de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <10.

➤ **Punto 5. Comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas**

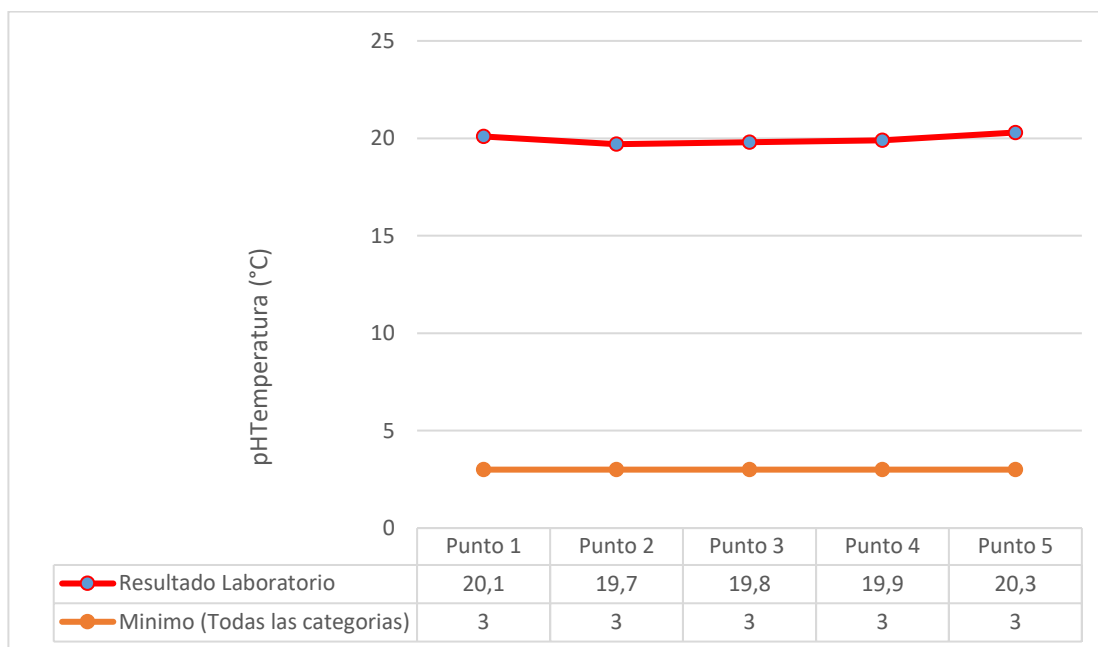
El resultado del Punto 5 que tiene como ubicación en la comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas, muestra obtenida del río, fue de 6,0mg/l – 18 UNT, un resultado por encima de la categoría “Clase A”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, donde su máximo rango es menor de <10, pero está dentro de la categoría “Clase B” que tiene como rango 10 - < 50.



### 10.2.5 Análisis de resultados del parámetro Temperatura

#### GRÁFICO 6

#### VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARÁMETROS EN CUERPOS DE AGUA DEL PARÁMETRO TEMPERATURA



**Fuente:** elaboración propia.

#### ➤ Punto 1. Comunidad Valle del Medio – Inicio del Área de Estudio

El resultado del Punto 1 que tiene como ubicación en la comunidad de Valle del Medio - Inicio del área de estudio, muestra obtenida del río, fue de 20,1°C, un resultado que está dentro del rango de las categorías “Clase A, B, C, D”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, el rango es mayor de 3°C.

#### ➤ Punto 2. Comunidad Naranjos – Punto Intermedio

El resultado del Punto 2 que tiene como ubicación en la comunidad de Naranjos - Punto Intermedio del área de estudio, muestra obtenida del río, fue un pH de fue de 19,7°C, un resultado que está dentro del rango de las categorías “Clase A, B, C, D”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el

Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, el rango es mayor de 3°C.

➤ **Punto 3. Comunidad Buena Vista (Cascada)**

El resultado del Punto 3 que tiene como ubicación en la comunidad de Buena Vista, muestra obtenida de un efluente que alimentaba al Río Salinas (Cascada), fue de 19,8°C, un resultado que está dentro del rango de las categorías “Clase A, B, C, D”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, el rango es mayor de 3°C.

➤ **Punto 4. Comunidad Alambrado (Quebrada)**

El resultado del Punto 4 que tiene como ubicación en la comunidad de Alambrado, muestra obtenida de un afluente que alimentaba al Río Salinas (Quebrada), fue de 19,9°C, un resultado que está dentro del rango de las categorías “Clase A, B, C, D”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, el rango es mayor de 3°C.

➤ **Punto 5. Comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas**

El resultado del Punto 5 que tiene como ubicación en la comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas, muestra obtenida del río, fue de 20,3°C, un resultado que está dentro del rango de las categorías “Clase A, B, C, D”, según los Valores Máximos Admisibles de Parámetros en Cuerpos Receptores dados en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la Ley 1333 de Medio Ambiente, el rango es mayor de 3°C.

**10.3 Resultados de la determinación la calidad del agua con el análisis fisicoquímico mediante el “Método Índice de Prati” con los parámetros DBO<sub>5</sub> y Oxígeno Disuelto del Río Salinas tramo naciente Río Salinas – Valle del Medio**

Para realizar la determinación de la calidad del Río Salinas con el método de Prati se necesita los resultados de análisis fisicoquímico, DBO<sub>5</sub>, Oxígeno disuelto y Temperatura.

**TABLA 20**  
**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO NECESARIO PARA EL**  
**MÉTODO ÍNDICE DE PRATI**

Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5
DBO5 (mg/l)	2,7	2,1	4,9	9,3	2,7
Oxígeno Disuelto (mg/l)	6,35	6,58	6,66	6,61	6,12
Temperatura (°C)	20,1	19,7	19,8	19,9	20,3

**Fuente:** elaboración propia.

**TABLA 21**  
**TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES DEL PARÁMETRO OXÍGENO**  
**DISUELTO**

Parámetro	Unidad	P1	P2	P3	P4	P5
Oxígeno Disuelto	(mg/l)	6,35	6,58	6,66	6,61	6,12
Porcentaje de Saturación	%	72	73	74	73	69

Nota: La transformación se realiza según **Tabla N° 4 Saturación de Oxígeno Disuelto con relación a la Temperatura Pág. 14.**

**Fuente:** elaboración propia.

**TABLA 22**  
**ECUACIÓN ÍNDICE DE PRATI**

Unidades	Ecuación
<b>Índice de Prati</b> n: Número de Parámetros X: Unidad de Contaminación mg/l	$PI = \frac{1}{n} * \sum (X_1 + X_2)$

**Fuente:** (Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, 1998).

**TABLA 23**  
**ECUACIONES DE TRANSFORMACIÓN PARA OBTENER UNIDADES DE**  
**CONCENTRACIÓN DE PARÁMETROS**

Parámetros	Rango de parámetros	Ecuación
Oxígeno Disuelto	Saturación 50-100%	$X = 0.08 * (100 - Y)$
	Saturación 100 > %	$X = 0.08 * (Y - 100)$
DBO5	mg/l	$X = \frac{Y}{1.5}$

**Fuente:** (L. Prati, 1971).

**TABLA 24**  
**CLASIFICACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE**  
**ACUERDO AL ÍNDICE DE PRATI**

Rango	Contaminación del agua	Color de calidad
0-1	No contaminada	AZUL
1-2	Poco contaminada	VERDE
2-4	Moderadamente contaminada	AMARILLO
4-8	Contaminada	NARANJA
8-16	Muy Contaminada	ROJO
>16	Altamente contaminada	NEGRO

**Fuente:** (Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, 1998).

### 10.3.1 Cálculo con el Índice de Prati, Punto 1. Comunidad Valle del Medio – Inicio del Área de Estudio

**Cálculo:**

**DBO<sub>5</sub>:** 2.7 mg/l

$$X = \frac{Y}{1.5}$$

$$X = \frac{2.7}{1.5} = 1.8 \text{ mg/l}$$

**OD:** 6,35 (mg/l) – 72% Saturación

$$X = 0.08 * (100 - Y)$$

$$X = 0.08 * (100 - 0,72) = 7,94$$

### Índice de Prati

$$PI = \frac{1}{n} * \sum (X_1 + X_2)$$

$$I = \frac{1}{2} * \sum (1,8 + 7,94) = 4,87$$

El resultado del cálculo del Punto 1 que tiene como ubicación en la comunidad de Valle del Medio - Inicio del área de estudio, dio de 4,87, se encuentra en el rango entre 4-8 según la tabla de **N°24 clasificación del grado de contaminación del agua de acuerdo al índice de Prati (Pag.51)** que significa que las aguas de dicho punto están “contaminadas” y se representa con el color naranja.

### 10.3.2 Cálculo con el Índice de Prati, Punto 2. Comunidad Naranjos – Punto Intermedio

#### Cálculo:

**DBO<sub>5</sub>:** 2.1 mg/l

$$X = \frac{Y}{1.5}$$

$$X = \frac{2.1}{1.5} = 1.4 \text{ mg/l}$$

**OD:** 6,58 (mg/l) – 73% Saturación

$$X = 0.08 * (100 - Y)$$

$$X = 0.08 * (100 - 0,73) = 7,94$$

### Índice de Prati

$$PI = \frac{1}{n} * \sum (X_1 + X_2)$$

$$I = \frac{1}{2} * \sum (1,4 + 7,94) = 4,67$$

El resultado del cálculo del Punto 2 que tiene como ubicación en la comunidad de naranjos, punto intermedio, dio 4,67, se encuentra en el rango entre 4-8 según la tabla de **N°24 clasificación del grado de contaminación del agua de acuerdo al índice de**

**Prati (Pag.51)** que significa que las aguas de dicho punto están “contaminadas” y se representa con el color naranja.

### 10.3.3 Cálculo con el Índice de Prati, Punto 3. Comunidad Buena Vista (Cascada)

**Cálculo:**

**DBO<sub>5</sub>:** 4,9 mg/l

$$X = \frac{Y}{1.5}$$

$$X = \frac{4,9}{1.5} = 3,27 \text{ mg/l}$$

**OD:** 6,66 (mg/l) – 74% Saturación

$$X = 0.08 * (100 - Y)$$

$$X = 0.08 * (100 - 0,74) = 7,94$$

**Índice de Prati**

$$PI = \frac{1}{n} * \sum (X_1 + X_2)$$

$$I = \frac{1}{2} * \sum (3,27 + 7,94) = 5,6$$

El resultado del cálculo del Punto 3 que tiene como ubicación en la comunidad de Buena Vista, muestra sacada de una pequeña cascada que vertía sus aguas al Río Salinas, dio de 5,6, se encuentra en el rango entre 4-8 según la tabla de **N°24 clasificación del grado de contaminación del agua de acuerdo al índice de Prati (Pag.51)** que significa que las aguas de dicho punto están “contaminadas” y se representa con el color naranja.

### 10.3.4 Cálculo con el Índice de Prati, Punto 4. Comunidad Alambrado (Quebrada)

**Cálculo:**

**DBO<sub>5</sub>:** 9,3 mg/l

$$X = \frac{Y}{1.5}$$

$$X = \frac{9,3}{1.5} = 6,2 \text{ mg/l}$$

**OD:** 6,61 (mg/l) – 73% Saturación

$$X = 0.08 * (100 - Y)$$

$$X = 0.08 * (100 - 0,73) = 7,94$$

**Índice de Prati**

$$PI = \frac{1}{n} * \sum (X_1 + X_2)$$

$$PI = \frac{1}{2} * \sum (6,2 + 7,94) = 7,07$$

El resultado del cálculo del Punto 4 que tiene como ubicación en la comunidad de Alambrado de aguas de una quebrada que vertía sus aguas al Río Salinas, dio de 7,07, se encuentra en el rango entre 4-8 según la tabla de **N°24 clasificación del grado de contaminación del agua de acuerdo al índice de Prati (Pag.51)** que significa que las aguas de dicho punto están “contaminadas” y se representa con el color naranja.

### **10.3.5 Cálculo con el Índice de Prati, Punto 5. Comunidad Alambrado - Naciente Río Salinas**

**Calculo:**

**DBO<sub>5</sub>:** 2,7 mg/l

$$X = \frac{Y}{1.5}$$

$$X = \frac{2,7}{1.5} = 1,8 \text{mg/l}$$

**OD:** 6,61 (mg/l) – 69% Saturación

$$X = 0.08 * (100 - Y)$$

$$X = 0.08 * (100 - 0,69) = 8$$

**Índice de Prati**

$$PI = \frac{1}{n} * \sum (X_1 + X_2)$$

$$PI = \frac{1}{2} * \sum (1,8 + 8) = 4,9$$

El resultado del cálculo del Punto 5 que tiene como ubicación en la comunidad de Alambrado - Punto final Naciente Río Salinas, dio de 4,9, se encuentra en el rango entre 4-8 según la tabla de **N°24 clasificación del grado de contaminación del agua**

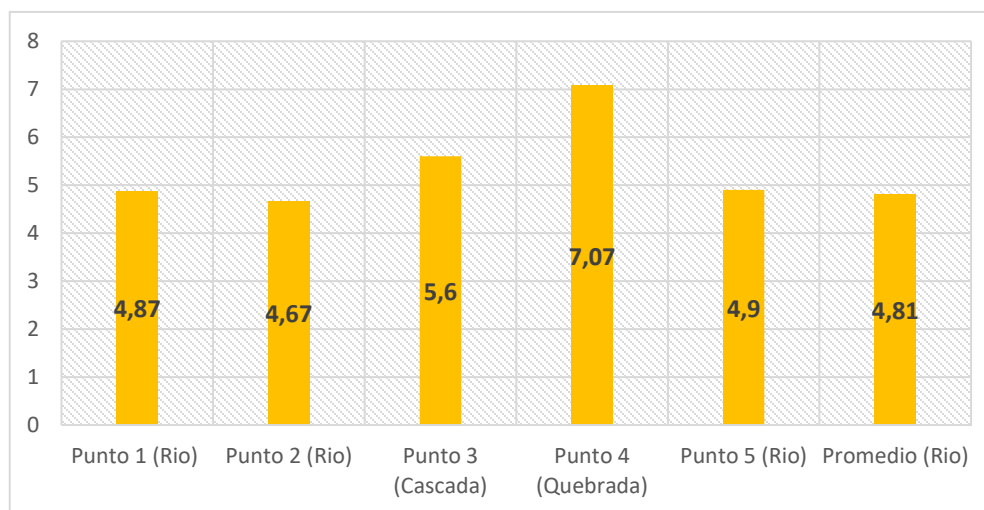
de acuerdo al índice de Prati (Pag.51) que significa que las aguas de dicho punto están “contaminadas” y se representa con el color naranja.

**TABLA 25**  
**RESULTADOS OBTENIDOS DE MUESTRAS DE RÍO POR EL MÉTODO**  
**ÍNDICE DE PRATI**

Punto	Índice	Valores obtenidos	Significado	Color
I	Prati	4,87	Contaminada	
II	Prati	4,67	Contaminada	
III	Prati	4,9	Contaminada	

Fuente: elaboración propia.

**GRÁFICO 7**  
**RESULTADOS OBTENIDOS POR EL MÉTODO ÍNDICE DE PRATI**



Fuente: elaboración propia.

En el gráfico de arriba se puede observar la obtención de los resultados con el Índice de Prati los 5 puntos dentro del rango que según la tabla N°24 **clasificación del grado de contaminación del agua de acuerdo al índice de Prati (Pag.51)** indica que dichas aguas están contaminadas, el punto 3 y el punto 4 son afluentes de dicho río como ser una cascada y quebrada, presenta resultados mayores por el DBO<sub>5</sub> alto.



#### 10.4 Comparación de los resultados obtenidos de los Métodos Índice BMWP/bol e Índice de Prati

Obtenidos los resultados de la calidad del agua del Río salinas por el método Índice BMWP/Bol e Índice de Prati como muestra las siguientes tablas:

**TABLA 26**  
**RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ESTACIONES I, II, III, MÉTODO**  
**ÍNDICE BMWP/BOL.**

Estación	Índices	Valores obtenidos	Calidad	Significado	Color
I	Índice BMWP/Bol	47	Dudosa	Aguas contaminadas	
II	Índice BMWP/Bol	42	Dudosa	Aguas contaminadas	
III	Índice BMWP/Bol	37	Dudosa	Aguas contaminadas	

**Fuente:** elaboración propia.

**TABLA 27**  
**VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE RESULTADOS MÉTODO**  
**BMWP/BOL**

Estación	Valores obtenidos	$\bar{x}$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
I	47	42,3	4,7	22.09
II	42	42,3	-0.3	0,09
III	37	42,3	-4,3	18.49
<b>SUMAS</b>	127			40,67

**Ecuación Varianza**

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum 40,67}{3} = 13,56$$

**Fuente:** elaboración propia.

**Ecuación Desvió Estándar**

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum 40,67}{3}} = 3,68$$

**TABLA 28**  
**RESULTADOS DE VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÉTODO**  
**BMWP/BOL**

<b>n</b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>Varianza</b>	<b>Desviación Estándar</b>
<b>3</b>	42,3	13,56	3,68

**Fuente:** elaboración propia.

Realizando el análisis de desviación estándar y varianza de los resultados obtenidos con el Método BMWP/Bol, existe un grado de confiabilidad mayor en mis resultados al obtener resultados bajos como ser 3,68 y de Varianza 13,5, por lo que representa que la metodología que utilice para determinar las aguas de Río Salinas y obteniendo resultados que afirman, que dichas aguas están contaminadas son correctas, y son corroboradas con los resultados Fisicoquímicos, como lo recomienda el Ministerio de Medio Ambiente y Aguas.

**TABLA 29**  
**RESULTADOS OBTENIDOS DE MUESTRAS DE RÍO POR EL MÉTODO**  
**ÍNDICE DE PRATI**

Punto	Índice	Valores obtenidos	Significado	Color
I	Prati	4,87	Contaminada	
II	Prati	4,67	Contaminada	
III	Prati	4,9	Contaminada	

Fuente: elaboración propia.

**TABLA 30**  
**VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE RESULTADOS MÉTODO**  
**PRATI**

Punto	Valores obtenidos	$\bar{x}$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
I	4,87	4,81	0,06	0,0036
II	4,67	4,81	-0,14	0,0196
III	4,9	4,81	0,09	0,0081
SUMAS	14,44			0,0313

**Ecuación Varianza**

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum 0,0313}{3} = 0,01$$

Fuente: elaboración propia.

**Ecuación Desvió Estándar**

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum 0,0313}{3}} = 0,10$$

**TABLA 31**  
**RESULTADOS DE LA VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÉTODO PRATI**

<b>n</b>	$\bar{x}$	<b>Varianza</b>	<b>Desviación Estándar</b>
3	4,81	0,01	0,10

**Fuente:** elaboración propia.

Realizando el análisis de desviación estándar y varianza de los resultados obtenidos con el Método Prati, existe un grado de confiabilidad aún mayor en mis resultados al obtener resultados bajos como ser Desviación Estándar 0,10 y de Varianza 0,01, por lo que representa que la metodología que utilice para determinar las aguas de Río Salinas y obteniendo resultados que afirman, que dichas aguas están contaminadas son correctas.

Ambas metodologías son diferentes por lo que salen resultados numéricos distintos, y no se podría realizar una comparación directa, la única comparación que se puede realizar es el resultado teórico, es decir, que ambos resultados demuestran un resultado similar indicando que las aguas del Río Salinas están “Contaminadas”.

### **10.5 Discusión**

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación concluyen que las aguas de Río Salinas tramo Naciente Río Salinas – Valle del Medio, con el método BMWP/Bol luego de la obtención de 10 familias de Macroinvertebrados Bentónicos en 10 km de longitud de estudio, obteniendo una puntuación de 58 BMWP/Bol, como resultado una calidad de aguas dudosa, con un significado “Aguas Contaminadas”, anteriormente como referencia el año 2017 se realizó un trabajo de investigación, denominado “Investigación de la Calidad de Agua por Macroinvertebrados en Sub Cuenca del Río

Santa Ana tramo Gareca – Puente Santa Ana” por mi persona como director del proyecto. con financiamiento de la UAJMS, se logró recolectar 16 familias de Macroinvertebrados Bentónicos, obteniendo una puntuación de 116 BMWP/Bol, como resultado una calidad de agua Buena, con un significado de “Aguas muy limpias no contaminadas”, es decir que aguas arriba 7km de longitud, antes de la formación del Río Salinas, sus aguas del Río Santa Ana no tienen presencia de contaminación y al formarse el Río Salinas, estas aguas bajan su calidad a Dudosa “Aguas Contaminadas” como lo planteo en la hipótesis y el planteamiento del problema del presente trabajo de investigación.

Para la siguiente Método Índice de Prati, se obtuvo 5 muestras de aguas 3 del río y 2 de afluentes como ser una cascada y una quebrada, se obtuvo un resultado promedio del Río en 10km de longitud, un resultado promedio de 4.81, que tiene como significado de dichas aguas están “Contaminadas”, como referencia el año 2016 se realizó un trabajo de investigación en Río Salinas denominado, “Monitoreo de las Aguas del Río Salinas con Fines de Determinar su Autodepuración” por la Ing. Verónica Segovia, cuyo trabajo tiene como resultados en los primeros 10km de longitud de su trabajo un resultado promedio de 5.2, que tiene igual de significado que dichas aguas, están contaminadas según método Prati, pese a que los trabajos de investigación se realizaron en diferentes temporadas de año.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 11.1 Conclusiones

- El método BMWP/Bol que utiliza los macroinvertebrados bentónicos que habitan en las aguas de ríos para determinación de la calidad de los ríos, se pudo notar que es un método eficiente para obtener resultados óptimos, sencillo en el trabajo de gabinete, pero minucioso en el área de campo como ser en la recolección de los macroinvertebrados, los resultados obtenidos en el presente trabajo, fueron 10 diferentes familias, obteniendo una puntuación en los 10km de longitud estudiado de 58, lo indican que las aguas del Río Salinas tramo nacimiento Río Salinas – Valle del Medio, están “Contaminadas”.
- Para la determinación de la calidad del agua del Río Salinas, por análisis fisicoquímicos, se utilizó los valores máximos admisibles de parámetros en cuerpos de agua que se encuentra en el Reglamento en Materia Contaminación Hídrica de la Ley 1333 de Medio Ambiente, obteniendo resultados que indican que las aguas del Río Salinas son de “Clase B” aguas de utilidad general, que requiere de tratamiento físico y desinfección bacteriológica para su consumo, sirve para riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cascara delgada, para la cría natural, consumo animal y otros.
- El Método de Índice de Prati un índice individual de contaminación creada por los investigadores L. Prati, R Panavello y F Pesarin, del Instituto de Higiene de la Universidad de Ferrara de Italia y el Instituto de Estadísticas de Padua Universidad, Italia el 1971, dicho que utiliza los parámetros DBO<sub>5</sub> y Oxígeno Disuelto en su fórmula para obtener resultados de calidad de las aguas estudiadas, resulto ser un método eficiente en el cálculo, con resultados óptimos y claros, resultados del presente trabajo, se obtuvo un promedio total de 4,81, lo que indica que dichas aguas del Río Salinas tramo nacimiento río Salinas – Valle del Medio están “contaminadas”.
- La comparación de resultados de ambos métodos, Índice BMWP/Bol e Índice de Prati, como son metodologías diferentes, como ser uno que utiliza bioindicadores

y el otro análisis fisicoquímico, salen resultados numéricos distintos, y no se podría realizar una comparación directa, la única comparación que se puede realizar es el resultado teórico, es decir, que ambos resultados demuestran un resultado similar indicando que las aguas del Río Salinas están “Contaminadas”.

### **11.2 Recomendaciones**

- Realizar la determinación periódica de la calidad del Río Salinas con el método BMWP/Bol, por el tema de facilidad, costo y beneficio del mismo.
- Pedir a las instancias correspondientes para la construcción una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el municipio de Entre Ríos.
- El Gobierno Municipal de Entre Ríos debe realizar la reestructuración del sistema de alcantarillado e implementar tratamientos primarios, secundarios antes de verter sus aguas a los cuerpos receptores.
- Realizar campañas de educación ambiental en escuelas y colegios de la provincia incentivando el uso del Método BMWP/Bol en los ríos cercanos a su comunidad o municipio.