

**CAPITULO I**  
**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. MARCO LEGAL

#### 1.1.1. Constitución Política del Estado (Asamblea Constituyente de Bolivia, 2009)

**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 375:** I. Es deber del estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas.

II. El estado regulará el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos y de las cuencas para riego, seguridad alimentaria y servicios básicos, respetando los usos y costumbres de las comunidades.

III. Es deber del estado realizar los estudios para la identificación de aguas fósiles y su consiguiente protección, manejo y aprovechamiento sustentable.

**Artículo 376:** Los recursos hídricos de los ríos, lagos y lagunas que conforman las cuencas hidrográficas, por su potencialidad, por la variedad de recursos naturales que contienen y por ser fundamental de los ecosistemas, se consideran recursos estratégicos para el desarrollo y la soberanía boliviana. El estado evitará acciones en las nacientes y zonas intermedias de los ríos que ocasionen daños a los ecosistemas o disminuyan los caudales, preservará el estado natural y velará por el desarrollo y bienestar de la población.

#### 1.1.2. La ley del Medio Ambiente N° 1333:

**Artículo 36:** Las aguas en todos sus estados son de dominio originario del estado y constituyen un recurso natural básico para todos los procesos vitales. Su utilización

tiene relación e impactos en todos los sectores vinculados al desarrollo, por lo que su protección y conservación es tarea fundamental del estado y la sociedad.

**Artículo 39:** El estado normara y controlara el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, solido o gaseoso que cause contaminación de las aguas o la degradación de su entorno.

Los organismos correspondientes reglamentaran el aprovechamiento integral, uso racional, protección y conservación de las aguas.

**1.1.3. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) (D.S. N° 24176, 1995)**  
:

**Artículo 1:** La presente disposición legal reglamenta la ley del medio ambiente N° 1333 del 27 de abril de 1992, en lo referente a la prevención y control de la contaminación hídrica, en el marco del desarrollo sostenible.

**Artículo 2:** El presente reglamento se aplicara a toda persona natural o colectiva, pública o privada, cuyas actividades industriales, comerciales, agropecuarios, domésticos, recreativas y otras, puedan causar contaminación de cualquier recurso hídrico.

**De la Clasificación de Cuerpos de Agua**

**Artículo 4:** La clasificación de los cuerpos de agua, según las clases señaladas en el Cuadro N° 1 – Anexo A del presente reglamento, basada en su aptitud de uso y de acuerdo con las políticas ambientales del país en el marco del desarrollo sostenible, será determinada por el MDSMA. Para ello, las instancias ambientales dependientes del prefecto deberán proponer una clasificación, adjuntando la documentación suficiente para comprobar la pertinencia de dicha clasificación.

Esta documentación contendrá como mínimo: análisis de aguas del curso receptor a ser clasificado, que incluya al menos los parámetros básicos, fotografías que documenten el uso actual del cuerpo receptor, investigación de las condiciones de contaminación natural y actual por aguas residuales crudas o tratadas, condiciones biológicas, estudio de las fuentes contaminantes actuales y la probable evolución en el futuro en cuanto a la cantidad y calidad de las descargas.

Esta clasificación general de cuerpos de agua en relación con su aptitud de uso, obedece a los siguientes lineamientos:

**CLASE “A”** Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio.

**CLASE “B”** Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.

**CLASE “C”** Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica.

**CLASE “D”** Aguas de calidad mínima, que para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de pre sedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

En caso de que la clasificación de un cuerpo de agua afecte la viabilidad económica de un establecimiento, el representante legal de este podrá apelar dicha clasificación ante la autoridad ambiental competente, previa presentación del respectivo análisis costo-beneficio.

## CUADRO N° 1

### CLASIFICACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA SEGÚN SU USO DE APTITUD

| N° | Usos   | Clase "A"    | Clase "B"    | Clase "C"    | Clase "D" |
|----|--|--------------|--------------|--------------|-----------|
| 1  | Para abastecimiento doméstico de agua potable después de :                               |              |              |              |           |
|    | solo una desinfección y ningún tratamiento.  | SI           | NO           | NO           | NO        |
|    | tratamiento solamente físico y desinfección .  | NO necesario | SI           | NO           | NO        |
|    | Tratamiento físico-químico completo coagulación, floculación, filtración y desinfección. | NO necesario | NO necesario | SI           | NO        |
|    | Almacenamiento prolongado o pre sedimentación, seguidos de tratamientos, al igual c).    | NO necesario | NO necesario | NO necesario | SI        |
| 2  | Para recreación de contacto primario, natación, esquí, inmersión.                        | SI           | SI           | SI           | NO        |
| 3  | Para protección de los recursos hidrobiológicos.   | SI           | SI           | SI           | NO        |
| 4  | Para riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cascara delgada, que              | SI           | SI           | NO           | NO        |

|   |   |        |    |    |    |
|---|---|--------|----|----|----|
|   | sean ingeridas crudas sin remoción de ella.   |        |    |    |    |
| 5 | Para abastecimiento industrial.   | SI     | SI | SI | SI |
| 6 | Para la cría natural / o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana. | SI     | SI | SI | NO |
| 7 | Para abrevadero de animales   | NO (*) | SI | SI | NO |
| 8 | Para la navegación (***)  | NO(**) | SI | SI | SI |

Fuente: Ley 1333

(Si) Es aplicable, puede tener todos los usos indicados en las clases correspondientes.

(\*) No en las represas usadas para abastecimiento de agua potable.

(\*\*) No a navegación a motor.

(\*\*\*) No aplicable a acuíferos.

#### 1.1.4. Norma Boliviana 64002: Calidad del agua – Muestreo de Efluentes industriales

##### Objetivos de la Norma

Esta norma establece las condiciones para llevar a cabo el muestreo representativo de agua residual industrial para ser sometida a análisis físicos, químicos y microbiológicos.

#### 1.1.5. Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero (RASIM):

**Artículo 75: (Automonitoreo).**- La industria debe realizar Automonitoreo de todos los parámetros que puedan ser generados por sus actividades como descargas. Las industrias contempladas en el Anexo 13-B, deberán realizar en sus descargas, Automonitoreo de los parámetros especificados, de acuerdo a métodos estándar

disponibles mientras se establezca la Norma Boliviana, debiendo mantener un registro de fuentes y descargas para la inspección de las autoridades. El Automonitoreo deberá efectuarse por lo menos una vez al año para cada punto de descarga.

Para el Automonitoreo se utilizarán laboratorios acreditados en Bolivia. Mientras éstos no existan a nivel departamental, se utilizarán laboratorios legalmente establecidos.

## **1.2. MARCO TEÓRICO**

### **1.2.1. Potencial de Hidrogeno – pH**

Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrogeno presentes en determinadas disoluciones. (wikipedia, s.f.)

El pH es un índice de la concentración de los iones de hidrogeno (H) en el agua. Se define como  $-\log(H^+)$ . Cuanto mayor sea la concentración de los iones de hidrogeno en el agua, menor será el valor del pH. (Sela, s.f.)

### **1.2.2. Sólidos Totales**

Cantidad de materia sólida resultante, después de evaporar el agua. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, 2005 (Citado en la Norma Boliviana 495).

La determinación de los sólidos totales permite estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas presentes en un agua, pero el resultado está condicionado por la temperatura y la duración de la desecación. Severiche, Castillo, & Acevedo, s.f.(Citado en (Www. Eumed.net).

Los sólidos totales se definen analíticamente como la materia que se obtiene después de someter al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Cuba, 2004 (Citado en (Asociación Nacional de Empresas de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado – ANESAPA)

### **1.2.3. Sólidos suspendidos totales- SST**

Los sólidos totales, o residuo de la evaporación, pueden clasificarse en filtrables o no filtrables (sólidos en suspensión) haciendo pasar un volumen conocido de líquido por

una membrana de fibra de vidrio (Whatman GF/C), con un tamaño nominal de poro de 1,2 micrómetros, aunque también suele emplearse filtro de membrana de policarbonato. Es conveniente destacar que los resultados que se obtienen empleando ambos tipos de filtro pueden presentar algunas diferencias, atribuibles a la diferente estructura de los filtros. Cuba, 2004 (citado en Asociación Nacional de Empresas de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado – ANESAPA)

Corresponde a la cantidad de material (sólidos) que es retenido después de realizar la filtración de un volumen de agua. Es importante como indicador puesto que su presencia disminuye el paso de la luz a través del agua evitando su actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno. (CORPONARIÑO, s.f.)

#### **1.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno- DBO<sub>5</sub> (mg/l)**

Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer biológicamente la materia orgánica carbonacea. Se determina en laboratorio a una temperatura de 20°C y en 5 días. Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2014 (citado en la Guía para la elaboración de procedimientos técnicos de descarga de efluentes industriales).

Es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. (Dr. Calderón LABS-Laboratorio de Química Ambiental, 1997).

#### **1.2.5. Demanda Química de Oxígeno –DQO (mg O<sub>2</sub>/l)**

Cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica. Se determina en laboratorio por un proceso de digestión en un lapso de 3 horas. Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2014 (citado en Guía para la elaboración de procedimientos técnicos de descarga de efluentes industriales)



Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medio químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación. (Wikipedia, s.f.)

#### **1.2.6. Aceites y grasas**

Son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo.

Las principales fuentes aportadoras de grasas y aceites son los usos domésticos, talleres automotrices y de motores de lanchas y barcos, industria del petróleo, procesadoras carnes y embutidos. La determinación analítica de grasas y aceites no mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias susceptibles de disolverse en hexano, incluyendo ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia extractable con hexano. (Toapanta & Chang, 2009)

Las grasas animales y los aceites son el tercer componente, en importancia, de los alimentos. El término grasa, de uso extendido, engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales. El contenido de grasa se determina por extracción de la muestra con triclorotrifluoroetano, debido a que la grasa es soluble en él. También es posible la extracción de otras sustancias, principalmente aceites minerales como el keroseno, aceites lubricantes y aceites de materiales bituminosos empleados en la construcción de carreteras. Las grasas animales y los aceites son compuestos de alcohol (ésteres) o glicerol (glicerina) y ácidos grasos. Los glicéridos de ácidos grasos que se presentan en estado líquido a temperaturas normales se denominan aceites, mientras que los que se presentan en estado sólido reciben el nombre de grasas. Químicamente son muy parecidos, y están compuestos por carbono, oxígeno e hidrógeno en diferentes proporciones. La diferencia entre la grasa y el aceite está en su densidad. Cuba, 2004 (citado en Asociación Nacional de Empresas de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado – ANESAPA)

### **1.3. GENERACIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS**

Actualmente se consume mucha agua en la industria azucarera, lo que constituye un serio problema para algunos países debido a lo limitado de este recurso. La disponibilidad de agua potable para consumo doméstico se va tornando en un problema serio para las generaciones actuales y futuras, y en esta competencia entra a formar parte también, el agua que se consume en los procesos industriales. Las aguas residuales generadas en un ingenio azucarero provienen principalmente de:

- Lavado de la caña de azúcar.
- Agua de alimentación a calderas.
- Estaciones de evaporación y cocción (condensado sobrante y agua de limpieza).
- Refinación (agua de regeneración de los intercambiadores iónicos).
- Escapes a la atmósfera por válvulas, tuberías y equipos de proceso.
- Limpieza y desinfección de sistemas mediante equipos auxiliares: sopladores de hollín, escobas de tachos, etc.
- Preparación de productos químicos.
- Dilución de mieles.
- Lavado de centrifugas.
- Lavado de la torta de los filtros.
- limpieza de patios y pisos. (Viracucha, Tratamiento Biológico de aguas residuales generadas en un ingenio azucarero – con la Tecnología de lodos activados, 2012).

#### **1.3.1. Efectos de las aguas y sólidos residuales de la industria azucarera**

El Impacto ambiental por la contaminación del agua por parte de un ingenio azucarero, es una de las consecuencias que afecta directamente la biodiversidad natural de la zona, tanto en especies acuáticas, mamíferos, aves e insectos, junto con cultivos artesanales que necesitan el agua, deteniendo el porvenir de las personas, causándoles daños que afectan su desarrollo económico y social.

El impacto de la contaminación del agua, a causa del efluente de la industria azucarera trae consigo los siguientes efectos:

- Creación de focos de infección de plagas y vectores de enfermedades que afectan a los propios cultivos y a la población aledaña.
- Enfermedades gastrointestinales.
- Muerte de la fauna acuática.
- Generación de malos olores como consecuencia de la putrefacción de los restos orgánicos.
- Alteración de comunidades vegetales como consecuencia de la aparición indiscriminada de vertederos incontrolados.
- Llenado de acequias y aliviaderos por el vertido incontrolado.
- Afecciones graves sobre el paisaje.
- Mala imagen ante terceros.

El consumo de agua en los ingenios es elevado, por lo que las descargas de agua residual se ven impactadas principalmente en la carga de DBO, DQO, pH, sólidos suspendidos totales y temperatura. Existen también aguas provenientes de condensadores y otros sistemas de intercambio energético que no son aprovechadas y que contribuyen a disipar el calor disminuyendo la eficiencia energética global del sistema y contaminando el medio ambiente, así como también la contaminación que se genera en el proceso de la molienda por medio del uso de lubricantes, originando la mezcla de éste con bagazo y agua de la molienda. CMP+L, 2005 (citado en Arreguin, 2011)

La molienda y extracción produce un impacto negativo sobre el factor ambiental agua por la forma actual de eliminación de residuos sólidos, dados principalmente por la cachaza.

Valdés, 1990 (citado en De la Cruz, Gonzales, & Lopez, 2004) plantea la proyección actual y futura de la Industria de los Derivados, en Cuba, hacia una tendencia a encontrar métodos de tratamientos que den mayor aprovechamiento a los residuales con la obtención de subproductos de mayor utilidad, como alimento o como materia prima para la industria y la agricultura. Entre ellos se incluyen:

**Bagazo:** Que puede utilizarse como materia prima en la industria de la pulpa, papel y tableros aglomerados; como combustible sólido para calderas; como sustancia celulósica para la obtención de alcohol mediante hidrólisis, y como alimento balanceado para animales.

**Cachaza:** Bio-abono, para fertilizar los terrenos, ya que presenta alto contenido en materia orgánica, etc.

### **1.3.2. Tratamiento de residuos sólidos según Ingenio Azucarero Guabirá**

Para el tratamiento de residuos sólidos se cuenta con una planta de compostaje Bioabono en un área de 17 ha. Con capacidad para procesar 80 mil t, esta planta realiza la conversión de los residuos cachaza, ceniza y vinaza con alto DBO, en abono orgánico con alto contenido de nutrientes y microorganismos. El 2014 tuvimos una producción de 20,4 mil t de bioabono, procesando 40,8 mil t de cachaza, 34,9 mil t de cenizas y hollín, y 54,2 mil m<sup>3</sup> de vinaza, 38,9 mil toneladas de cachaza fueron distribuidas como cachaza fresca directamente en cañaverales. La utilización de este bioabono y de cachaza fresca conduce a una agricultura sostenible, recuperando la fertilidad de más de 4.000 ha de suelo.

De todas las aguas residuales provenientes de los complejos azucareros/alcoholeros, las que son más contaminantes por su concentración de material orgánico biodegradable y no biodegradable son las vinazas.

La vinaza es producida como resultado de la fermentación de melazas durante la producción de alcohol. Este material posee altos valores de DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno), un bajo valor de pH y otras sustancias que podrían provocar disminución en el oxígeno disuelto en el medio, favoreciendo la proliferación de organismos patógenos y la muerte de animales benignos para el ecosistema.

El tratamiento para combatir la contaminación en lo referente a la vinaza no debe ser una carga económica para la destilería sino por el contrario la vía de obtener un producto con valor comercial, cuya venta le permita un ingreso extra de los que

tradicionalmente obtiene, así como una reducción de las erogaciones que por concepto de vertimiento de aguas residuales o multas se deben hacer. Durán de Bazúa, 1994 ; Gehlawat, 1997 ; Gunjal, 1997 ; MINAZ, 1995 (citado en De la Cruz, Gonzales, & Lopez, 2004)

### **1.3.3. Tratamiento de residuos líquidos según Ingenio Azucarero Guabirá**

El tratamiento de aguas residuales lo hacemos en nuestro sistema lagunar compuesto por 8 lagunas (6 para tratamiento de vinaza y 2 para aguas de proceso), en un área de 81 ha, un tiempo de retención de 308 días para vinaza y 150 días para aguas de proceso, un volumen de más de 1.8 millones de m<sup>3</sup> y una remoción de 95 % de DQO. Esta agua se utiliza para el riego controlado de cañaverales por su alto contenido de nutrientes, principalmente Potasio. Se ha logrado la reducción de efluentes líquidos en fábrica de 3,60 a 0,32 m<sup>3</sup>/tonelada de caña molida.

#### **Lagunas de estabilización para vinazas**

Las lagunas de estabilización, son depósitos construidos mediante la excavación y compactación de la tierra que almacenan agua de cualquier calidad por un periodo determinado. Una laguna de estabilización, funciona básicamente por la actividad bacteriana y las relaciones entre algas y otros organismos. (ENEXIO 2H Tecnologías del agua, 2016)

En las lagunas de estabilización, la remoción de la materia orgánica (expresada como DBO<sub>5</sub>) es realizada mediante procesos biológicos aerobios y anaerobios. Dependiendo del proceso predominante, las lagunas son aerobias (de maduración o de pulimento), anaerobias o facultativas. Las lagunas facultativas son diseñadas para la remoción de la DBO y patógenos. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2013 (citado en Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales, La Paz, Octubre 2013- Ministerio de Medio Ambiente y Agua).

Cuando los efluentes de una industria son de elevada concentración de materia orgánica, frecuentemente se emplea lagunas anaeróbicas, ya sean aisladas como pre-

tratamiento, para unidades subsecuentes o conectadas en serie con las primarias. (Lothar, Hess, 1980)

#### **1.4. DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE CUERPOS RECEPTORES POR PARTE DE INDUSTRIAS AZUCARERAS**

La Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTNPB) realizó una exposición y presentación del boletín informativo referente al monitoreo del control y calidad del agua en la cuenca del río Bermejo, la evaluación de las tendencias temporales y espaciales de la contaminación y calidad del recurso hídrico, que fue encomendado al Sr. Richard Iván Medina Hoyos, que elaboró un plan anual de monitoreo de los principales ríos y cuencas del departamento. Los resultados del monitoreo de la quebrada del Nueve señalan que la calidad del agua ha empeorado desde clase A, a peor que clase D (similar a agua residual industrial). (Luksic, 2012)

La Quebrada Del Nueve, es de CLASE A (la mejor clase de agua), sin embargo luego de agosto y hasta finalización del año es peor que CLASE D, pudiendo ser asimilada a agua residual industrial, debido al vertido de la industria azucarera.

#### **CUADRO N° 2**

#### **CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE LA QUEBRADA DEL NUEVE SEGÚN EL RMCH**

| <b>CAMPAÑA</b> | <b>MESES</b>              | <b>CLASIFICACIÓN</b> | <b>CAUDAL (M<sup>3</sup>/S)</b> |
|----------------|---------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1ra            | Fines de Enero            | CLASE A              | 0,588                           |
| 2da            | Fines de Marzo            | CLASE A              | 0,543                           |
| 3ra            | Mediados de<br>septiembre | CLASE D              | 0,117                           |
| 4ta            | Inicios de diciembre      | CLASE D              | 0,172                           |

Fuente: Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (Gestión 2012)

En el ámbito internacional, según un estudio de Caracterización de las aguas residuales de la industria azucarera Tres Valles, en Honduras, indica que ninguno de los efluentes evaluados cumple con los parámetros de descarga de aguas residuales establecidos por la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente previo a su mezcla y descarga. En todos los efluentes caracterizados durante la época de zafra, solamente el parámetro de pH se encuentra dentro del rango establecido sobre normas de descarga de aguas residuales.

Todos los efluentes caracterizados requieren de algún tipo de tratamiento previo a su reutilización o descarga en cuerpos receptores, ya sea de forma independiente o combinada, pero el efluente de limpieza química debe ser separado de los demás efluentes debido a la alta carga de DQO; ya que esto puede afectar tratamientos biológicos utilizados para la descontaminación de aguas residuales. (Valera, 2016)

**CAPITULO II**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**



## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

El municipio de Bermejo está ubicado en el extremo sur de Bolivia, en el Departamento de Tarija, pertenece a la segunda sección de la provincia Arce, se encuentra entre las COORDENADAS UTM **X: 371650 Y: 7501329**, está rodeado por el Río Bermejo y el Río Grande de Tarija, con un altura promedio de 419 msnm, de clima caluroso y semiárido, con una media de 22,18 °C y 1.200 mm de precipitación pluvial concentrados en el periodo de lluvias (noviembre - abril).

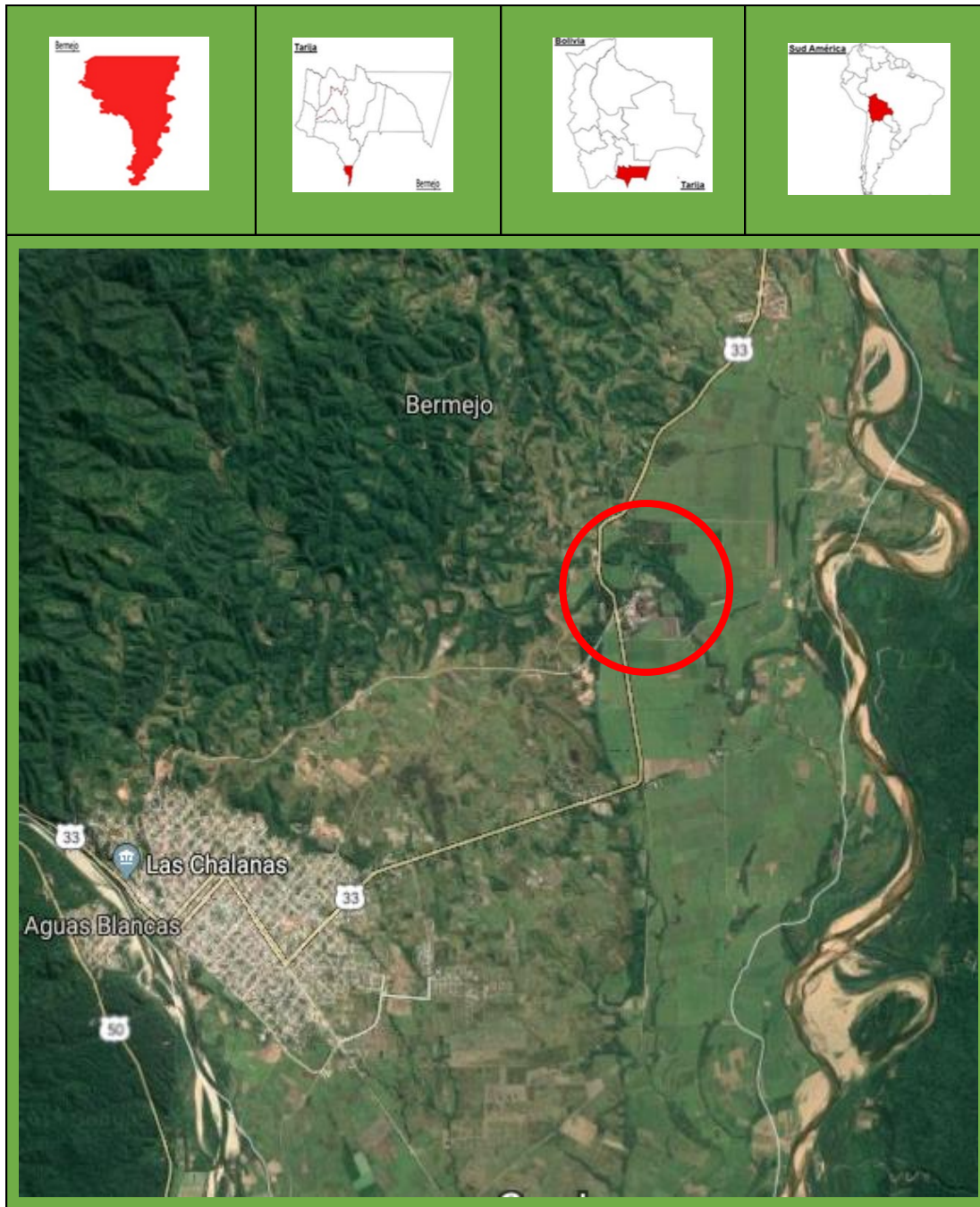
Tiene una extensión territorial de 380.90 km<sup>2</sup>., que representa 1,01% del territorio departamental, con una mancha urbana aproximada de 26,28 km<sup>2</sup>. Siendo su ocupación territorial, el resultado de la convivencia de pueblos originarios y de importantes corrientes migratorias.

Limita al Norte con la serranía de San Telmo río Tarija, municipio de Padcaya, al Sur con el Río Bermejo y la República Argentina; al Este con el río Grande de Tarija y la República Argentina, al Oeste con la comunidad de San Telmo, el río Bermejo y la República Argentina.

El trabajo de investigación se lo realizó en el cuerpo de agua de la Quebrada del Nueve, ubicado en la comunidad de Arrozales, la misma cuenta con una longitud de 30,58 km evacuando sus aguas al Río grande de Tarija.

Las industrias agrícolas de Bermejo S.A. es el principal ingenio azucarero del departamento de Tarija, se encuentra a 7 km del municipio de Bermejo, y se encarga de la elaboración de azúcar y destilación de alcohol (Plan de Manejo ambiental, 2013)

**MAPA N° 1**  
**UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO**



Fuente: Elaboración Propia, 2017

## **2.2.DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

### **2.2.1. HISTORIA DE IABSA**

Con el nombre de “Stephen leigh” el ingenio tuvo su primera zafra en el año 1968, con una capacidad de 1200 toneladas/día. En el año 1974 se amplió la capacidad de molienda con un ingenio paralelo “Moto Méndez”, con 2000 toneladas/día. Por el año 1985 se fusionó en uno solo: “Ingenio Moto Méndez”, se hizo una ampliación para la molienda de 4000 toneladas/día. Actualmente cuenta con una capacidad de molienda de 4500 Toneladas /día. (IBCE, 2011)

## **2.3. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE BIOFÍSICO**

El análisis del medio biofísico para el municipio de Bermejo se caracteriza a continuación:

### **2.3.1. Clima**

Bermejo presenta un clima cálido, semi-humedo, característico de las llanuras chaqueñas; derivando en temperaturas elevadas casi todo el año, con una temperatura media anual es 22,3°C con una temperatura máxima 46,0°C con una humedad relativa media de 70% y una humedad relativa máxima de 97%. La época de lluvia dura 7 meses, entre octubre y marzo alcanzando los 1206 mm de precipitación anual. (Asociación de Municipios del Departamento de Tarija (AMT), 2014-2018)

### **2.3.2. Temperatura**

El municipio de Bermejo posee un clima cálido, semi-húmedo, característico de las llanuras chaqueñas; derivando en temperaturas elevadas casi todo el año, con una temperatura media anual de 22.3 °C. (Asociación de Municipios del Departamento de Tarija (AMT), 2014-2018)

### **2.3.3. Humedad relativa**

La humedad relativa varía ligeramente de una zona a otra y según la estación del clima, como por ejemplo: en los meses de enero a julio la humedad relativa es aprox. 83% y

de agosto a diciembre fluctúa entre el 60% al 75%; sin embargo, mayormente su media anual es del 75-77%. (Asociación de Municipios del Departamento de Tarija (AMT), 2014-2018)

#### **2.3.4. Vientos**

Bermejo se caracteriza por presentar vientos relativamente moderados, provenientes de dirección sur y sureste; de acuerdo a datos registrados, la velocidad media en el año 2011 fue de 3.1 km/h, mientras que en el año 2013 se registró 6.71 km/h. (Asociación de Municipios del Departamento de Tarija (AMT), 2014-2018)

#### **2.3.5. Precipitaciones pluviales**

En el municipio la época de lluvias abarca todo el verano, comenzando en los meses de noviembre o diciembre y concluyendo en marzo o abril, recalando que la época de estiaje es menor de junio a septiembre; sin embargo, esto varía anualmente adelantándose o retrasándose un mes.

De acuerdo a registros, las precipitaciones ocurridas en un año normal, sobrepasa los 1100 mm, lo que significa un buen aporte hídrico vertical; sin embargo, su comportamiento experimenta una variabilidad gradual, ya que, en el año 2011 la precipitación media llegó a 65.3 mm/diaria. En el año 2012 se registró la precipitación media máxima diaria de 73.8 mm/diaria. (Asociación de Municipios del Departamento de Tarija (AMT), 2014-2018). Como se puede revisar en el cuadro N° 3:

**CUADRO N° 3**  
**PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (MM)**

| AÑO         | ENE. | FEB. | MAR. | ABR. | MAY. | JUN. | JUL. | AGO. | SEP. | OCT. | NOV. | DIC. | Máxima |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| <b>2011</b> | 31.3 | 59.2 | 28.3 | 26.4 | 15.7 | 5.2  | 10.4 | 2    | 15.5 | 8.8  | 52.5 | 65.3 | 65.3   |
| <b>2012</b> | 53.5 | 63.1 | 33.4 | 73.8 | 12.9 | 3.2  | 0.5  | 0    | 0.5  | 5.1  | 40.2 | 72.8 | 73.8   |
| <b>2013</b> | 25.9 |      | 22.4 | 9.2  | 4.3  | 11   | 5.2  | 0    | 0    | 10   | 10.2 | 37.5 |        |

|              |      |       |       |       |      |       |       |       |       |       |      |       |       |
|--------------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| <b>MEDIA</b> | 36.9 | 61.15 | 28.03 | 36.47 | 10.9 | 6.467 | 5.367 | 0.667 | 5.333 | 7.967 | 34.3 | 58.53 | 69.55 |
|--------------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|

Fuente: SENAMHI, Estación de Bermejo

### **2.3.6. Suelos**

Los suelos de Bermejo, se caracterizan por ser moderadamente profundos a profundos, de textura franco arcilloso, con bloques sub-angulares y poca presencia de afloramientos rocosos; respecto a su fisiografía y topografía.

Las serranías presentan suelos altamente susceptibles a la erosión, de textura gruesa, en directa relación con la roca madre extensamente exteriorizada. Los valles presentan suelos profundos a muy profundos con texturas medias o finas. El estudio de suelos realizado en el triángulo de Bermejo en una superficie de 9188 ha. reveló que 8300 has. son apropiadas para uso agrícola bajo Riego y 879 has. Aptas para ganadería. (Asociación de Municipios del Departamento de Tarija (AMT), 2014-2018)

### **2.3.7. Recursos Hídricos**

Bermejo tiene como principales fuentes de aguas superficiales, a los Ríos Bermejo, Grande de Tarija y San Telmo; además de algunas quebradas, como: la del Nueve, que se convierte en el principal proveedor de agua de la población, y otras menores que atraviesan el área urbana. El abundante caudal del recurso hídrico, le concede a la ciudad de Bermejo contar con un puerto pluvial, orillas del Río Bermejo, lo que facilita el vínculo con la República Argentina; que se constituye en un peligro para la ciudad, por los continuos desbordes que se presentan, a pesar de los muros de contención que se tienen en la ribera del Río Bermejo, los que provocan desastres en las propiedades y ornato público de consideración. (Asociación de Municipios del Departamento de Tarija (AMT), 2014-2018)

### **2.3.8. Cuencas y sub-cuencas**

El municipio de Bermejo, forma parte de la cuencas: del Río Grande de Tarija y del Río Bermejo; el área de drenaje de la cuenca del río Grande de Tarija, por el margen izquierdo, está conformada por afluentes del: Río El Nueve, quebrada Linares y otros

pequeños, que evacuan sus aguas directamente al Río Grande. Respecto al área de drenaje del Río Bermejo, está conformada por: el Río Candado Grande y otros afluentes pequeños. (Asociación de Municipios del Departamento de Tarija (AMT), 2014-2018)

#### CUADRO N° 4

##### CUENCAS PRINCIPALES DEL MUNICIPIO

| CUENCAS              | SUPERFÍCIE      |              |
|----------------------|-----------------|--------------|
|                      | Km <sup>2</sup> | %            |
| Río Grande de Tarija | 222.68          | 61.47        |
| Río Bermejo          | 139.58          | 38.53        |
| <b>TOTAL</b>         | <b>362,26</b>   | <b>100,0</b> |

Fuente: Oficialía mayor técnica GAMB

Las Sub-cuencas más importantes, son: El Barredero, Cañaverál, Del Nueve, El Toro, y Linares. En el cuadro a continuación se presenta algunas características de éstas.

#### CUADRO N° 5

##### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS SUB CUENCAS DE BERMEJO

| SUBCUENCAS | ÁREA<br>(Km <sup>2</sup> ) | PERÍMETRO<br>(Km) | CURSO<br>PRINCIPAL | LONGITUD<br>(Km) | PENDIENTE MEDIA |
|------------|----------------------------|-------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| Barredero  | 15.55                      | 21.35             | Qda. Barredero     | 9.60             | 17.2            |
| Cañaverál  | 20.42                      | 21.79             | Qda. Cañaverál     | 10.28            | 19.3            |
| Del Nueve  | 69.25                      | 43.66             | Qda. Del Nueve     | 30.58            | 10.2            |
| El Toro    | 5.42                       | 13.01             | Qda. El Toro       | 6.21             | 15.5            |

|           |        |        |               |       |      |
|-----------|--------|--------|---------------|-------|------|
| Linares   | 12.60  | 19.05  | Qda. Linares  | 9.32  | 18.0 |
| San Telmo | 434.00 | 128.71 | Río San Telmo | 67.28 | 18.2 |

Fuente: Diagnóstico ambiental Tarija

#### 2.4. MATERIALES

- Cámara fotográfica.
- Computadora e impresora.
- USB.
- GPS.
- Envases de plástico para el muestreo.
- Conservadora para transportar las muestras.
- Hielo para conservar las muestras.
- Etiquetas para identificación de muestras.
- Guantes y Barbijo.

#### 2.5. METODOLOGÍA.

El trabajo se realizó siguiendo la metodología descriptiva - analítica, donde se distinguirán los elementos y se procederá a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado, es decir el análisis de cada parámetro establecido por separado.

- **Método descriptivo:** El propósito de este método es interpretar realidades de hechos. Incluyen descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. (Palella & Martins, 2012)

En el estudio descriptivo el propósito del investigador es describir situaciones y eventos. Es decir cómo es y cómo se manifiesta un determinado fenómeno (Zorilla, 1986)

Se hará un recorrido por las riberas de la Quebrada del Nueve, este método nos permitirá identificar el punto de descarga de las aguas residuales del ingenio en base a la NB 64002 y los puntos aguas arriba y aguas abajo según EL PROTOCOLO DE

MONITOREO DE AGUA de la FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO” (Sistema de Gestión de Calidad – Normativa Técnica Peruana ISO/IEC 17025. A su vez tendremos una descripción sobre el comportamiento de las aguas de la quebrada, en la Época de no producción y la Época de producción de la fábrica.

- **Método analítico:** El método analítico descompone una idea o un objeto en sus elementos (distinción y diferencia). Montaner y Simón, 1887, p. 133. (Citado en Lopera, Ramirez, Zuluaga, & Ortiz, 2010)

Es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia. Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede, explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías. (Ruiz, 2007)

Se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado Abad P. 2009 (citado en Gilberto, 2017)

Esta metodología está enfocada al análisis de muestras tomadas en la Quebrada, permitiendo conocer más a fondo el estado de estas aguas, en las dos épocas mencionadas.

### **2.5.1. Método para la comparación de los resultados**

Posteriormente a la obtención de resultados realizados por el CEANID, se lleva a cabo la interpretación de estos junto con la información obtenida en el trabajo de campo, para así poder comparar cada uno de los parámetros con el Anexo de límites permisibles para descargas líquidas, empleando el método descriptivo (hechos-comportamiento) y método analítico (resultado de análisis de laboratorio), y por consiguiente clasificar cada parámetro respectivamente. De acuerdo a lo establecido en el RMCH de la Ley de Medio Ambiente.



Las medidas de mitigación se tomarán en función a los resultados de los análisis obtenidos en laboratorio e interpretación de toda la información obtenida en el área de estudio, estas se propondrán conforme al RMCH. (D.S. N° 24176, 1995)

### **2.5.2. Identificación del Área de estudio**

El estudio se realizó en la Quebrada del Nueve, dentro del Distrito 8 en la comunidad de Arrozales, en el cual se verificará la afectación de los parámetros del agua, por la descarga de aguas residuales crudas provenientes de IABSA, el mismo que se encuentra ubicado a pocos metros del cuerpo receptor.

## **2.6. MÉTODOS DE MUESTREO Y SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO**

Los métodos aplicados para el trabajo de campo están establecidos de acuerdo a las siguientes normas:

### **a) Norma Boliviana 64002 calidad del agua- muestreo de efluentes industriales**

Esta norma establece las condiciones para llevar a cabo el muestreo representativo de agua residual industrial para ser sometida a análisis físicos, químicos y microbiológicos.

➤ **Lugar de Muestreo:** El lugar de muestreo principal corresponde al **PUNTO 2** de la descarga de aguas residuales de IABSA.

- **Unión del efluente industrial y Quebrada**

| <b>COORDENADAS UTM</b> |         |
|------------------------|---------|
| <b>X:</b>              | 0367849 |
| <b>Y:</b>              | 7488917 |



Fuente: Elaboración propia, 2017

- **Selección de parámetros:** El análisis de las muestras de agua, serán físico-químicas, ya que en la lista de los parámetros para el sector azucarero no se mencionan parámetros biológicos. Los parámetros a analizar se mencionan en el Anexo 13-B del RASIM.

**CUADRO N° 6**

| Rubro industrial    | Parámetros                  |
|---------------------|-----------------------------|
| Industria azucarera | DBO5                        |
|                     | DQO                         |
|                     | Grasas y Aceites            |
|                     | pH                          |
|                     | Solidos Suspendidos Totales |
|                     | Solidos totales             |

Fuente: RASIM

- **Tipo de muestreo:** La toma de muestras destinada al análisis físico-químico, se lo realizó a través de 6 muestras puntuales: 3 en *Época de No Producción-Mes de Julio*; y otras 3 en *Época de Producción de la Fábrica o Zafra-Mes de Septiembre*. Este tipo de muestreo represento la composición de la muestra en ese momento y lugar determinado.  
Esto con el fin de ver la alteración de los parámetros, en cada punto de muestreo señalado.

**b) El protocolo de monitoreo de agua de la facultad de ciencias del ambiente de la universidad nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” (sistema de gestión de calidad – normativa técnica peruana ISO/IEC 17025) (Barreto, 2010)**

Nos dice que para la ubicación de los puntos de muestreo deberán cumplirse los siguientes criterios:

**Identificación**

- El punto de muestreo, debe ser identificado y reconocido claramente, de manera que permita su ubicación exacta. De preferencia, los puntos deberán ser presentados en cartas o mapas mediante el Sistema de Posicionamiento Global.

**Accesibilidad**

- Las características del punto deben permitir un rápido y seguro acceso para tomar la muestra, no debe implicar riesgo para el monitor.

**Representatividad**

- Se debe elegir tramo regular, accesible y uniforme del río, se debe evitar zonas de embalse o turbulencias no característicos del cuerpo de agua, a menos que sean el objeto de la evaluación. Es importante considerar la referencia para la ubicación de un punto de monitoreo pudiendo ser un puente, roca grande, árbol, kilometraje vial y localidad.

**Seguridad**

- Un aspecto a tener en cuenta, dentro de la ubicación de los sitios de monitoreo, es el nivel de seguridad con el que contará el personal encargado de la toma de muestra.
- Se deben incluir medidas de seguridad para lograr el acceso a un punto de monitoreo según el caso lo requiera (uso de arneses, cuerdas, etc.) siempre y cuando sea estrictamente necesario, ya que lo primordial es preservar la vida del recurso humano.

## **2.7. TÉCNICAS PARA EL MUESTREO Y SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO**

a) **Técnica para el muestreo:** La técnica empleada para la toma de muestras fue manual. Se utilizó botellas de polietileno, de capacidad no inferior a 2000 ml.

b) **Técnica para la selección de los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo:** La técnica de la observación es una de la principales herramientas que utiliza el ser humano para ponerse en contacto con el mundo exterior, cuando la observación es cotidiana da lugar al sentido común y al conocimiento cultural y cuando es sistemática y propositiva, tiene fines científicos. Álvarez Gayou J.L. 2009 (Citado en (Moreno, 2014)

Se considera que la observación juega un papel muy importante en cada investigación porque le proporciona uno de sus elementos fundamentales; los hechos. Van Dalen y Meyer 1981(citado en Delgadillo, 2010). Mas luego la observación se traduce en un registro visual de lo que ocurre en el mundo real, en la evidencia empírica.

➤ **Ubicación de los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo:**

Según la NB 64002 el lugar de muestreo corresponde al punto final de la descarga de aguas residuales de origen industrial, el cual se lo denomino PUNTO 2, donde se une tanto el efluente de la fábrica con las aguas de la Quebrada del Nueve.

Se tomaron puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo, a continuación se citara la razón de la elección de este número de puntos:

## MAPA N° 2 PUNTOS DE MUESTREO



Fuente: Google Earth,2018

- **PUNTO 1-AGUAS ARRIBA**

Este punto fue fijado, para asegurar que no se tenga influencia en las características naturales de las aguas, de acuerdo a la accesibilidad y otros componentes que alteren el recurso hídrico en estudio, se encuentra a una distancia de 1750 m aproximadamente, de punto a punto. El mismo determinará el estado de las aguas antes de su unión con el PUNTO 2.

✓ **Puente Del Nueve**

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| X:              | 0366770 |
| Y:              | 7489365 |



Fuente: Elaboración propia, 2017

- **PUNTO 3-AGUAS ABAJO**

Este punto se encuentra ubicado a una distancia de 390 m aproximadamente, desde el PUNTO 2. A su vez nos reflejará la variación de los parámetros; después de la unión con las aguas residuales de la fábrica y la quebrada en el PUNTO 2.

✓ **Puente arrozales**

| COORDENADAS UTM |         |
|-----------------|---------|
| <b>X:</b>       | 0367947 |
| <b>Y:</b>       | 7488527 |



Fuente: Elaboración propia, 2017

En si los PUNTOS 1 y 3, nos mostrarán el comportamiento de las aguas antes y después de su unión con el efluente, para así poder realizar el análisis comparativo mediante cuadros y gráficos, según los resultados de los parámetros por puntos de muestreo. A su vez los muestreos en estos puntos se realizarán en 2 momentos específicos: *en la Época de No Producción y Época de Producción o Zafra de la Fábrica*, para reflejar los cambios que sufren estas aguas.

Estos puntos permitirán determinar:

- La calidad del recurso hídrico en el punto referencial aguas arriba. Si la descarga de efluente líquido de las actividades productivas contribuyen a la contaminación del cuerpo receptor.

#### **2.7.2. INSTRUMENTOS PARA EL MUESTREO Y SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO**

- a) Para el muestreo se utilizaron instrumentos como ser: botellas PET, guantes de goma y una conservadora con hielo, esto nos ayudó a la preservación de las muestras, al instante de transportarlas al laboratorio correspondiente.
- b) Dentro de los instrumentos que se utilizaron en la técnica de la observación fueron una libreta de campo, GPS, cámara fotográfica, machete (para sacar la maleza que impedía el acceso a los puntos de muestreo).

#### **2.8. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRAS**

##### **➤ Recolección de la muestra:**

La recolección de las muestras se la realizó de manera manual, lo más cercano al punto central del eje cauce, y el punto de intersección entre el cuerpo receptor y el efluente de la fábrica.

Se emplearon botellas PET con una capacidad de 2000 ml, estos deben estar hechos de un material inerte que no influya sobre la concentración de los parámetros a ser analizados, este debe estar a una profundidad de 20 cm en el cuerpo receptor en contra de la corriente.

Se hizo uso del equipo de protección personal (EPP), para evitar daños personales al momento de realizar el muestreo (ver Anexos).



➤ **Etiquetado de las muestras:**

Se tomaron las precauciones necesarias para que en cualquier momento sea posible Identificar las muestras. (Ver Anexos).

- **Transporte y conservación de muestras:** se lo realizó en una conservadora con hielo para su preservación, de igual manera se trasladó las muestras en el menor tiempo posible al Centro de Análisis, investigación y Desarrollo “CEANID” laboratorio de la UAJMS de la ciudad de Tarija. (ver Anexos).

## 2.9. ANÁLISIS DE LABORATORIO

El análisis de las muestras se las realizo en el CEANID.

### CUADRO N° 7

#### TÉCNICA DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS

| PARÁMETRO                      | TÉCNICA     | UNIDAD |
|--------------------------------|-------------|--------|
| DBO5                           | SM 5210-B   | mg/l   |
| DQO                            | USEPA 410.4 | mg/l   |
| Aceites y Grasas               | SM 5520-B   | mg/l   |
| pH                             | SM 4500-H-B |        |
| Sólidos Totales                | SM 2540-C   | mg/l   |
| sólidos Suspendidos<br>Totales | SM 2540-D   | mg/l   |

Fuente: Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo “CEANID”



## 2.10. MÉTODO PARA MEDICIÓN DE CAUDAL DE LA QUEBRADA DEL NUEVE

Para este trabajo de investigación se utilizó el siguiente método:

### 2.10.2. Aforo con Flotadores

Para el aforo con flotadores se debe escoger una sección recta del río o canal, medir y demarcar una distancia conocida a lo largo del mismo; se debe colocar suavemente sobre la superficie del agua un elemento flotante en el canal y simultáneamente activar el cronometro y medir el tiempo transcurrido hasta que el objeto termine de recorrer la distancia asignada. Repetir este proceso varias veces y calcular el promedio. El objeto flotante debe ser arrojado suavemente sobre la corriente, para que este no le imprima una fuerza adicional que pueda afectar la medición. (Instituto de hidrología meteorológica y estudios ambientales, 2003)

La velocidad del agua se calcula de la siguiente manera:

$$V=X / t$$

Donde:

V = Velocidad superficial, (m/s)

X = Longitud recorrida por el elemento flotante, (m)

t = Tiempo de recorrido del elemento flotante, (s)

El área total se calculara:

$$\text{Área A} = \text{Ancho A} \times \text{Profundidad A}$$

$$\text{Área B} = \text{Ancho B} \times \text{Profundidad B}$$

$$\text{Área Total} = (\text{Área A}) + (\text{Área B})$$

El caudal se calculará de la siguiente manera:

$$Q = V \times A_T \times n$$

Donde:

Q = Caudal, (m<sup>3</sup>/s)

V = Velocidad superficial, (m/s)

A = Área transversal promedio, (m<sup>2</sup>)

n = Factor que depende del material del fondo del canal:

- ❖ 0,4 - 0,52 poco áspero.
- ❖ 0,46 - 0,75 grava con hierba y caña.
- ❖ 0,58 - 0,7 grava gruesa y piedras.
- ❖ 0,7 - 0,9 madera, hormigón o pavimento.
- ❖ 0,62 - 0,75 Grava.
- ❖ 0,65 - 0,83 arcilla y arena.

## **2.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El método utilizado para el análisis estadístico fue el análisis de varianza (ANOVA por sus iniciales en inglés). El procedimiento para cada parámetro se encuentra en los anexos.

**CAPITULO III**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL LABORATORIO DEL CEANID, PARA SU COMPARACIÓN Y CORRESPONDIENTE CLASIFICACIÓN, DE LAS AGUAS DE LA QUEBRADA DEL NUEVE

La interpretación de los resultados obtenidos se lo realizó en dos etapas. Un análisis comparativo de datos y una clasificación de acuerdo con la calidad de las aguas de la Quebrada del Nueve. En el análisis comparativo, como se mencionó anteriormente, se compararon los valores de los parámetros medidos, con los límites establecidos por el RMCH y se determinó cuáles de estos parámetros excedían estos límites estipulados en dicho reglamento.

Por otra parte, en base a los resultados obtenidos en el CUADRO N°8, se realizó la clasificación de las aguas de la Quebrada del Nueve de acuerdo con las cuatro clases de agua, del CUADRO N° A-1 DE VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DEL RMCH.

Según los análisis físico-químicos, se obtuvieron los siguientes resultados en los tres puntos de muestreo, de la *ÉPOCA DE NO PRODUCCIÓN Y ÉPOCA DE PRODUCCIÓN DE IABSA*.

**CUADRO N° 8**

#### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

| ÉPOCAS                 | PARÁMETROS       | TÉCNICA     | UNIDAD | PUNTOS DE MUESTREO |         |         |
|------------------------|------------------|-------------|--------|--------------------|---------|---------|
|                        |                  |             |        | PUNTO 1            | PUNTO 2 | PUNTO 3 |
| ÉPOCA DE NO PRODUCCIÓN | DBO5             | SM 5210-B   | mg/l   | 9,3                | 11,5    | 9,3     |
|                        | DQO              | USEPA 410.4 | mg/l   | 10                 | 12      | 11      |
|                        | Aceites y Grasas | SM 5520-B   | mg/l   | 0,06               | 0,07    | 0,09    |
|                        | pH               | SM 4500-H-B |        | 8,29               | 8,12    | 8,28    |
|                        | Solidos Totales  | SM 2540-C   | mg/l   | 592                | 575     | 625     |

|                            |                             |             |      |      |      |      |
|----------------------------|-----------------------------|-------------|------|------|------|------|
|                            | Sólidos Suspendidos Totales | SM 2540-D   | mg/l | 388  | 248  | 298  |
| <b>ÉPOCA DE PRODUCCIÓN</b> | DBO5                        | SM 5210-B   | mg/l | 15,5 | 1048 | 943  |
|                            | DQO                         | USEPA 410.4 | mg/l | 21   | 5756 | 6752 |
|                            | Aceites y Grasas            | SM 5520-B   | mg/l | 0,05 | 0,12 | 0,1  |
|                            | pH                          | SM 4500-H-B |      | 7,95 | 5,06 | 4,6  |
|                            | sólidos Totales             | SM 2540-C   | mg/l | 637  | 4235 | 5452 |
|                            | sólidos Suspendidos Totales | SM 2540-D   | mg/l | 35   | 310  | 532  |

Fuente: Datos obtenidos de los Análisis realizados por el CEANID, 2017 (ver anexos)

### 3.1.1. RESULTADO DE MEDICIÓN DE CAUDAL EN LA QUEBRADA DEL NUEVE

El método empleado para determinar el caudal de la Quebrada del Nueve en ambas épocas, fue el *método del flotador* (ver cálculo de datos en ANEXOS). Cabe mencionar que el trabajo de recopilación de datos se lo realizó en la época de estiaje. A continuación se presenta los resultados de las mediciones de caudal.

#### CUADRO N° 9 CAUDAL DE LOS DIFERENTES PUNTOS EN LA ÉPOCA DE NO PRODUCCIÓN

| PUNTOS         | CAUDAL (l/s) |
|----------------|--------------|
| <b>PUNTO 1</b> | 151,72       |
| <b>PUNTO 2</b> | 212,59       |
| <b>PUNTO 3</b> | 219,08       |

Fuente: Elaboración propia, 2017

En aguas naturales superficiales la concentración de los contaminantes es inversamente proporcional al caudal del agua, mientras mayor sea el volumen, la concentración de los contaminantes será menor, debido a la dilución de estos en el agua.

**CUADRO N° 10**  
**CAUDAL DE LOS DIFERENTES PUNTOS EN LA ÉPOCA DE**  
**PRODUCCIÓN**

| <b>PUNTOS</b>  | <b>CAUDAL (l/s)</b> |
|----------------|---------------------|
| <b>PUNTO 1</b> | 44,40               |
| <b>PUNTO 2</b> | 109,28              |
| <b>PUNTO 3</b> | 143,44              |

Fuente: Elaboración propia, 2017

**3.2.COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO CON LOS**  
**LÍMITES PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS**

Los resultados obtenidos de los análisis físicos-químicos se compararon con el ANEXO A-2 de límites permisibles para descargas líquidas del RMCH y/o ANEXO 13-C del RASIM, sin embargo de los parámetros evaluados solamente cinco de ellos se encuentran estipulados dentro de estos anexos (Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, aceites y grasas, potencial de hidrógeno y sólidos suspendidos totales).

**CUADRO N° 11**  
**RESULTADOS EN LA ÉPOCA DE NO PRODUCCIÓN**

| <b>PARÁMETROS</b>                  | <b>UNIDAD</b> | <b>LIMITE</b> | <b>PUNTO 1</b> | <b>PUNTO 2</b> | <b>PUNTO 3</b> |
|------------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>DBO5</b>                        | mg/l          | <b>80</b>     | 9,3            | 11,5           | 9,3            |
| <b>DQO</b>                         | mg/l          | <b>250</b>    | 10             | 12             | 11             |
| <b>ACEITES Y GRASAS</b>            | mg/l          | <b>10</b>     | 0,06           | 0,07           | 0,09           |
| <b>PH</b>                          |               | <b>6-9</b>    | 8,29           | 8,12           | 8,28           |
| <b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b> | mg/l          | <b>60</b>     | 388            | 248            | 298            |

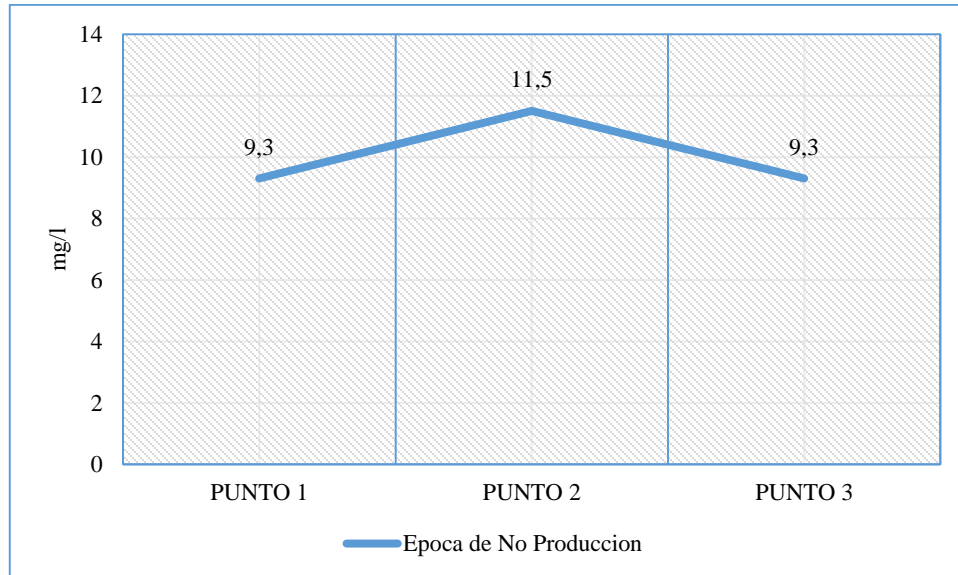
Fuente: Elaboración Propia, 2017

## JULIO:

Observando el CUADRO N°11 en la Época de No Producción correspondiente al mes de julio, solo un parámetro sobrepasó el límite permisible para descargas líquidas, sin dejar de lado que los valores en algunos parámetros mostraron variaciones en los PUNTOS 2 y 3 aledaños al ingenio azucarero. Los datos mediante aforos por el método flotador y el cálculo de estos, nos dio un resultado promedio del caudal de la quebrada, con un valor de 194,46 l/s.

### GRÁFICA N° 1

#### DBO<sub>5</sub>



Fuente: Elaboración propia, 2017

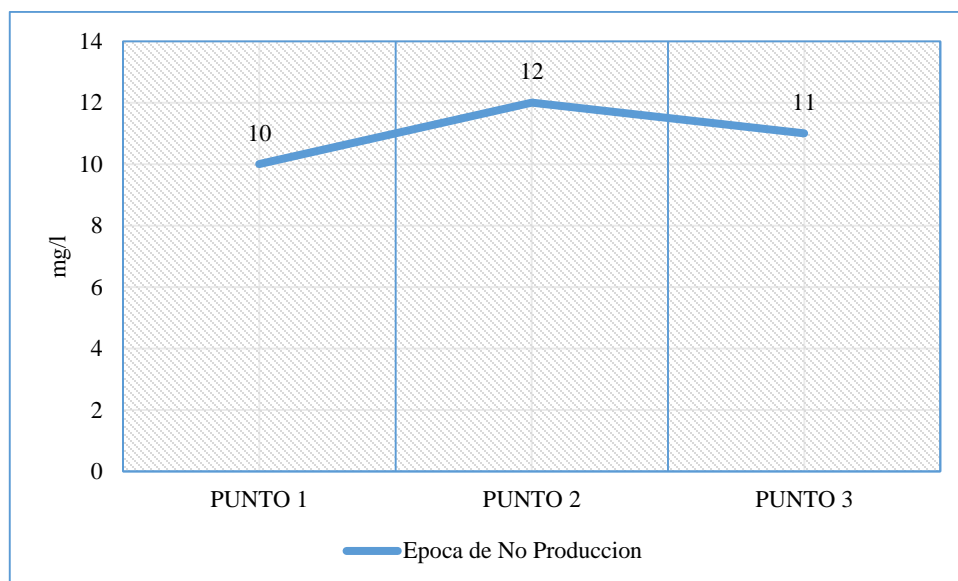
De acuerdo a los resultados de los análisis en laboratorio reflejados en el CUADRO N°11 de la *Época de No producción*, y apreciando la GRÁFICA N°1, el PUNTO 1 presenta un valor de 9,3 mg/l, pudiendo ser por la presencia de materia vegetal u algas presentes en este punto, cabe mencionar que la DBO<sub>5</sub> es uno de los parámetros que estudia la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica; por lo tanto en el PUNTO 2 se tuvo un pequeño incremento de 11,5 mg/l, ya que este punto se ubica a la salida del efluente de la industria, el aumento de la concentración se puede

justificar por las reservas de bagazo de anteriores gestiones los cuales continúan lixiviando, posteriormente en el PUNTO 3, la DBO<sub>5</sub> tiende a descender a 9,3mg/l, esto se debe a la capacidad de disolución (mezcla) del cuerpo receptor aguas abajo.

La concentración de la DBO<sub>5</sub>, en los tres puntos de muestreo, se encuentra por debajo del límite permisible para descargas líquidas, de acuerdo a lo establecido en el ANEXO A-2 del RMCH de la ley 1333 y/o del ANEXO 13-C del RASIM.

## GRÁFICA N° 2

### DQO



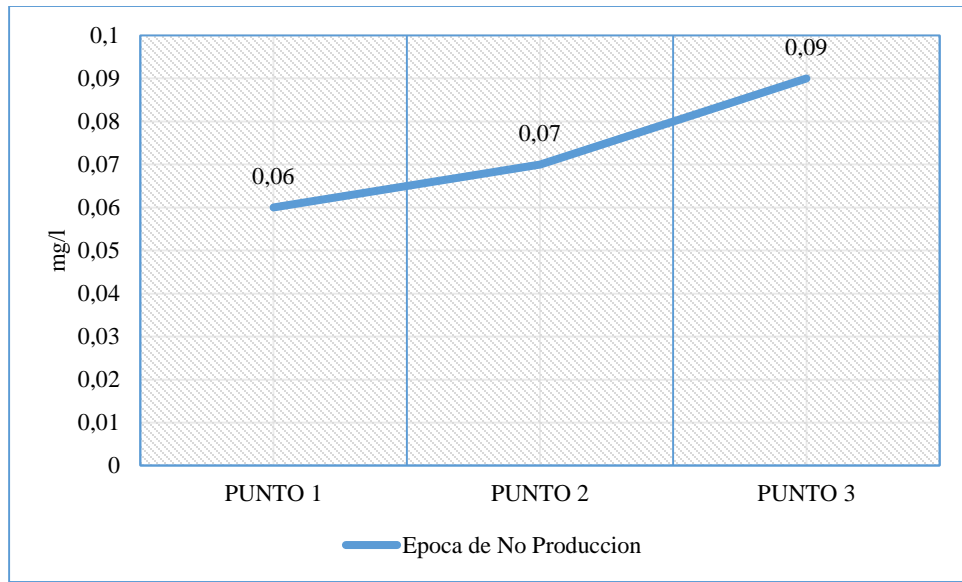
Fuente: Elaboración Propia, 2017

Observando la GRÁFICA N°2 , En el PUNTO 1 de la *Época de No Producción* se tiene una concentración de la DQO de 10mg/l, aumentando 2mg/l en el PUNTO 2 arrojándonos un valor de 12 mg/l, esto es el producto del mantenimiento de la fábrica y otras actividades realizadas dentro de estos recintos , hacia el PUNTO 3 aguas abajo la DQO descende su concentración a 11mg/l por disolución del cuerpo receptor, no manifestando grandes cambios en función a los demás puntos de muestreo, por lo tanto los resultados de este parámetro químico , se encuentran dentro del límite permisible propuesto en el RMCH de la ley 1333 y / ANEXO 13-C del RASIM. Cabe mencionar



que este parámetro nos permite medir la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos.

### GRÁFICA N° 3 ACEITES Y GRASAS

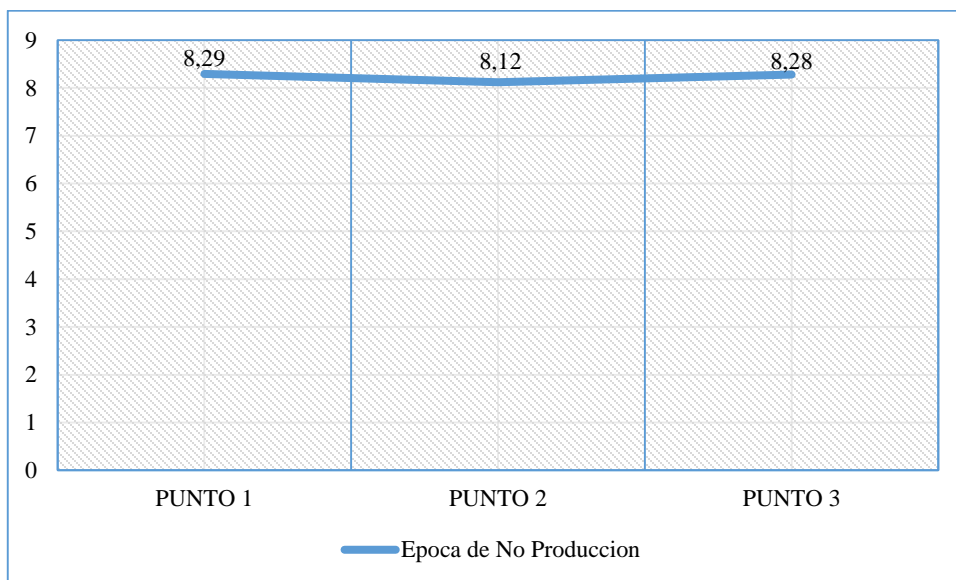


Fuente: Elaboración Propia

Valorando la GRÁFICA N°3 en la *Época de No Producción*, el PUNTO 1 muestra una concentración de 0,06 mg/l ascendiendo en el PUNTO 2 a 0,07 mg/l y finalmente al PUNTO 3 a 0,09 mg/l, estos datos son el resultado de las acciones de limpieza, mantenimiento y reparación de equipos de la fábrica, antes de la *Época de zafra*. Aunque los resultados de esta época tienden a ser escalares, cabe mencionar que en ninguno de los tres puntos se sobrepasó el límite permisible para descargas líquidas, contemplado en el ANEXO A-2 del RMCH de la ley 1333 y/o ANEXO 13-C del RASIM.

## GRÁFICA N° 4

### pH

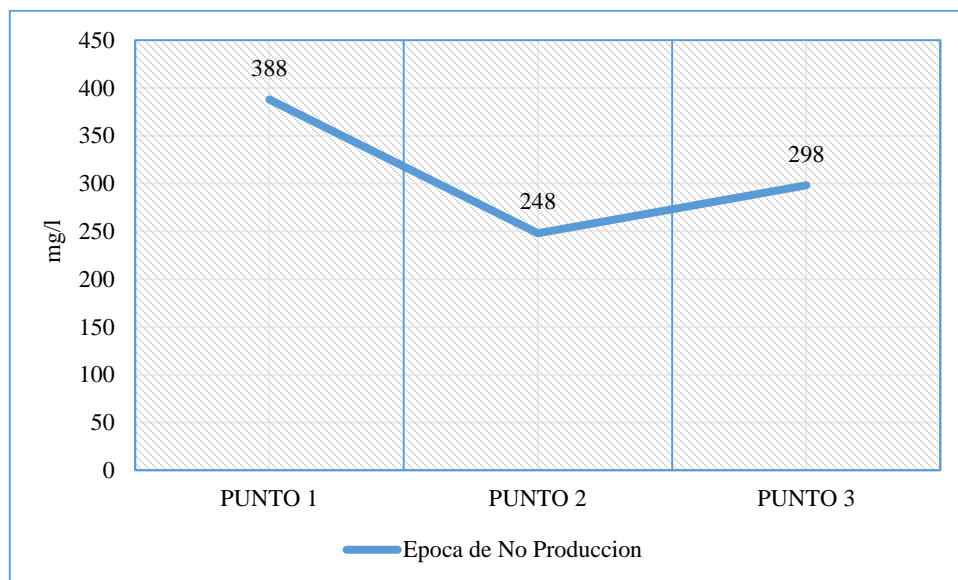


Fuente: Elaboración propia, 2017

Se puede apreciar en la GRÁFICA N°4 de la *Época de No producción*, finales del mes de julio, que los resultados del pH, en el PUNTO 1 presenta un valor de 8,29 mg/l, mientras que en el PUNTO 2 disminuye a 8,12 mg/l, para posteriormente volver a subir en el PUNTO 3 a 8,28 mg/l casi similar al primer punto aguas arriba. Se confirma que los resultados de cada punto de muestreo no presentaron grandes variaciones, a su vez nos otorgan un valor promedio de 8,23 mg/l en todo el tramo de estudio. Comparando estos resultados con los límites permisibles para descargas líquidas en el ANEXO A-2 del RMCH de la Ley 1333 y/o ANEXO 13-C del RASIM, este parámetro no sobrepasa el rango de 6 a 9 (mg/l), en ninguno de los puntos de muestreo, pero por sus concentraciones se caracterizan en aguas de tipo alcalinas.

## GRÁFICA N° 5

### SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



Fuente: Elaboración propia, 2017

Se puede observar en la GRÁFICA N°5, que el PUNTO 1 presenta un valor de 388 mg/l en sus sólidos suspendidos totales estos pueden ser componentes de desechos de plantas, partículas alimenticias u otros microorganismos vivientes, también por el lavado de autos, etc. mientras que el PUNTO 2 disminuye a 248 mg/l ya que hay una gran presencia de materia orgánica en el trayecto de ambos puntos de la quebrada, dicha materia tiende a absorber las partículas en suspensión y por lo tanto hay una recuperación natural del cuerpo receptor. En el PUNTO 3 se tiene un valor de 298 mg/l, nuevamente mostrando cambios en su concentración.

Así mismo la materia particulada orgánica e inorgánica es suspendida por turbulencia propia de la quebrada; y como se mencionó anteriormente la quebrada funciona como lavadero clandestino de movilidades, hay gran posibilidad de que se halla estado lavando movilidades aguas arriba, el cual fue una de las causas del ascenso de este parámetro en el PUNTO 3. Al no presentarse turbulencia las partículas mayores se sedimentan y reaccionan esto ocurre entre el agua y el lodo del fondo, entre las

diferentes sustancias disueltas y suspendidas por lo que, los componentes de un sistema acuático rara vez, sino es jamás están completamente en un estado de equilibrio.

Haciendo una comparación a cada punto de muestreo, estos superan el límite permisible para descargas líquidas del ANEXO A-2 del RMCH y/o ANEXO 13-C del RASIM.

**CUADRO N° 12**  
**RESULTADOS EN LA ÉPOCA DE PRODUCCIÓN**

| PARAMETROS                         | UNIDAD | LIMITE       | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 |
|------------------------------------|--------|--------------|---------|---------|---------|
| <b>DBO5</b>                        | mg/l   | <b>80</b>    | 15,5    | 1048    | 943     |
| <b>DQO</b>                         | mg/l   | <b>250</b>   | 21,0    | 5756    | 6752    |
| <b>ACEITES Y GRASAS</b>            | mg/l   | <b>10</b>    | 0,05    | 0,12    | 0,10    |
| <b>PH</b>                          |        | <b>6 a 9</b> | 7,95    | 5,06    | 4,60    |
| <b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b> | mg/l   | <b>60</b>    | 35,0    | 310     | 532     |

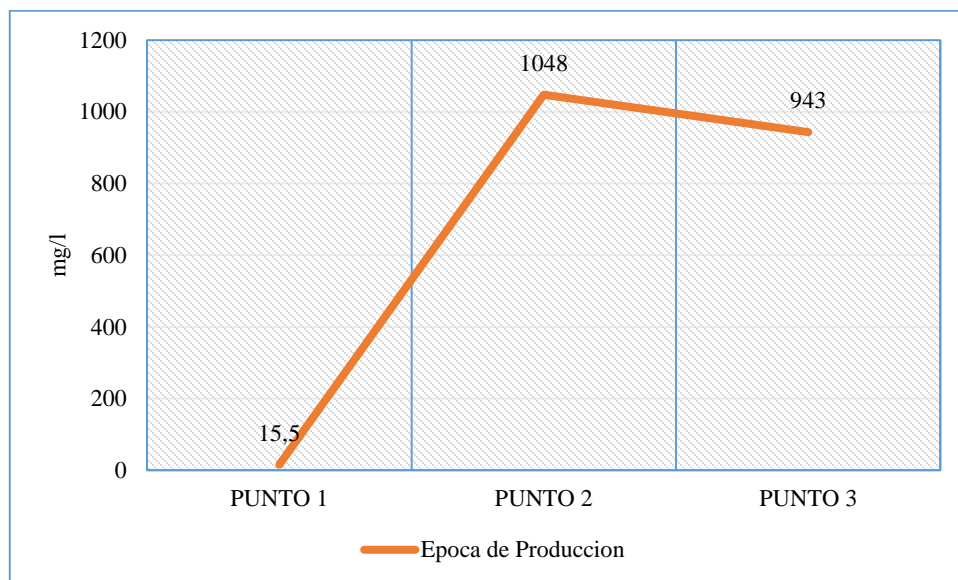
Fuente: Elaboración propia, 2017

**SEPTIEMBRE:**

En esta Época, la mayoría de estos parámetros incrementan sus valores a diferencia de la Época no producción, también se puede distinguir una reducción del caudal de la quebrada presentando un valor de 99,04 l/s; se afirma que los límites permisibles para descargas líquidas fueron sobrepasados en los PUNTOS 2 y 3, las razones son especificadas, a continuación en las siguientes gráficas para cada parámetro.

## GRÁFICA N° 6

### DBO<sub>5</sub>



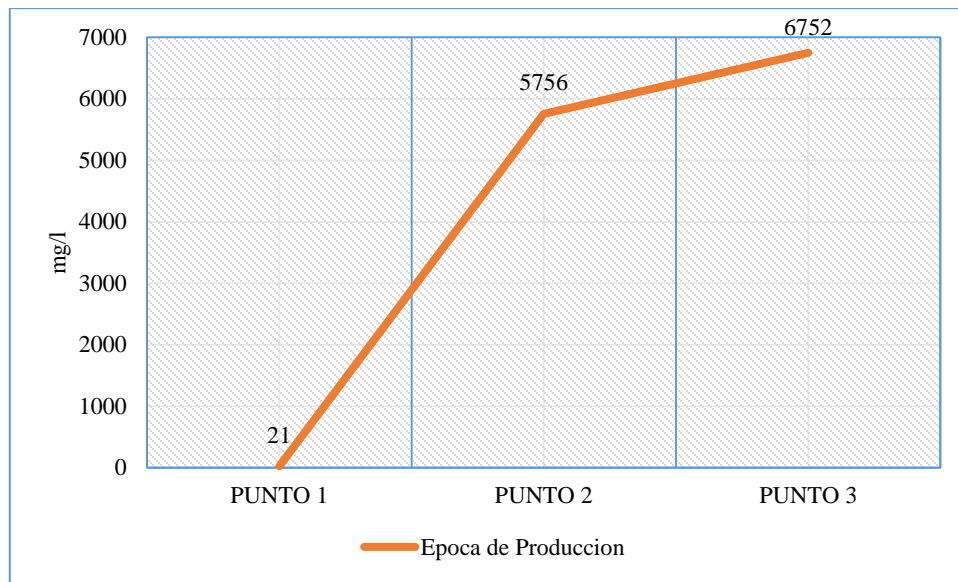
Fuente: Elaboración propia, 2017

Haciendo una interpretación de la DBO<sub>5</sub> en la *Época de Producción o zafra*, se puede observar en la GRÁFICA N°6, que en los tres puntos de muestreo tienden a elevarse principalmente en los puntos 2 y 3, los cuales interactúan con la fábrica; dándonos una concentración en el PUNTO 1 de 15,5 mg/l, la DBO<sub>5</sub> se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aeróbica. En el PUNTO 2 tenemos un resultado de 1048 mg/l proveniente del canal de descarga del efluente, mismo que se encuentra con una gran presencia de materia orgánica como ser: vinazas, cachaza, bagazo (*ver en Anexos*), sobrepasando los niveles de oxígeno requerido, lo cual dificulta la descomposición de estas por la vía natural. Cuando la vinaza se descarga directamente en vías de caudal, genera efectos desastrosos en la flora y fauna provocando un rápido agotamiento del oxígeno en el medio líquido. En el PUNTO 3 la DBO<sub>5</sub> desciende a 943 mg/l la recuperación natural de la Quebrada del Nueve es muy poco evidente.

La concentración de este parámetro en el PUNTO 1 se encuentra dentro de los límites permisibles para descargas líquidas, mientras que en los posteriores puntos de muestreo sobrepasan el límite de 80 mg/l diario, contemplado en el ANEXO A-2 de RMCH de la ley 1333 y/o ANEXO 13-C del RASIM.

### GRÁFICA N° 7

#### DQO



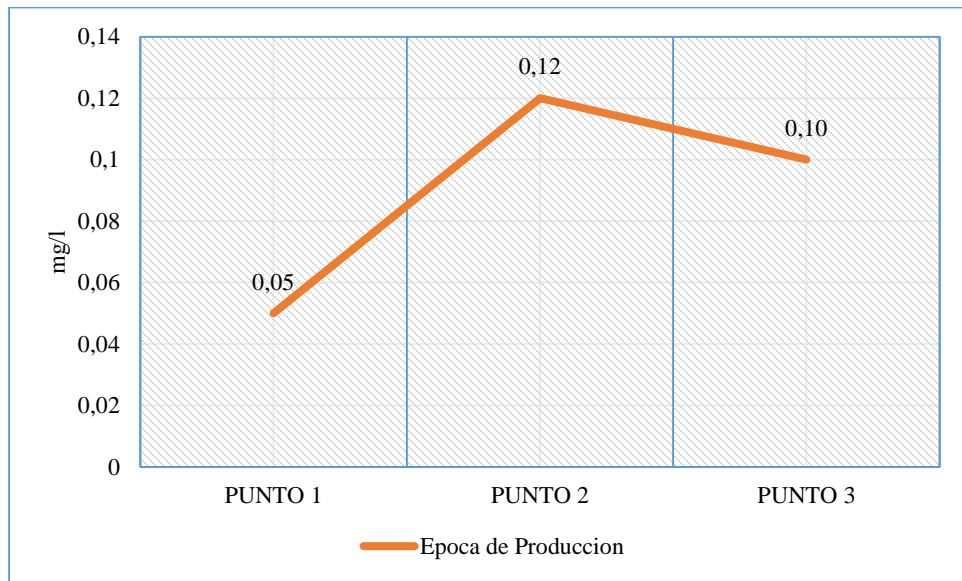
Fuente: Elaboración propia, 2017

En la época de producción los valores de la DQO ascienden considerablemente como se puede ver en la GRÁFICA N°7, en el PUNTO 1 presenta un valor de 21 mg/l, en el PUNTO 2 la concentración de este parámetro asciende a 5756 mg/l superior a los análisis del mes de julio de la anterior época, en el PUNTO 3 la DQO continua elevándose llegando a dar un valor de 6752 mg/l, esto se debe a la presencia de residuos químicos utilizados para la producción de azúcar y alcohol, también de residuos orgánicos como bagazo, cachaza; a diferencia de la DBO<sub>5</sub>, este parámetro nos permite medir la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos.

Comparando los resultados con el ANEXO A-2 del RMCH y/o ANEXO 13-C del RASIM, estos tienden a sobrepasar el límite permisible para descargas líquidas de

250mg/l diario, en los PUNTOS 2 y 3; los mismos que se encuentran ubicados cerca del ingenio azucarero dejando de lado el PUNTO 1.

### GRÁFICA N° 8 ACEITES Y GRASAS



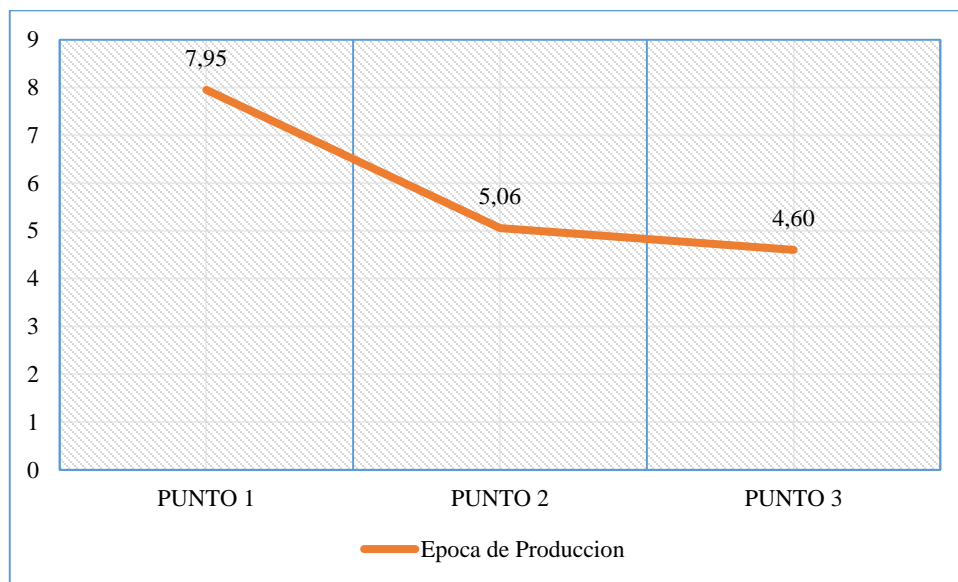
Fuente: Elaboración propia, 2017

En la *Época de Producción de la fábrica*, según la GRÁFICA N°8 , la concentración del PUNTO 1 aguas arriba se mantiene casi constante con 0,05 mg/l similar al resultado del mes de julio; mientras que el PUNTO 2 se adquiere un valor de 0,12 mg/l este tiende a elevarse, causando por poco el mismo efecto en el PUNTO 3 con 0,1 mg/l; corresponde decir que para el mantenimiento de equipos se usa cierto tipo de lubricantes constituidos principalmente por grasas y aceites, así como sustancias químicas.

Realizando la comparación de estos resultados, se asevera que ninguno de los tres puntos de muestreo sobrepasaron el límite permisible para descargas líquidas del ANEXO A-2 del RMCH y/o ANEXO 13-C del RASIM

## GRÁFICA N° 9

### pH



Fuente: Elaboración propia, 2017

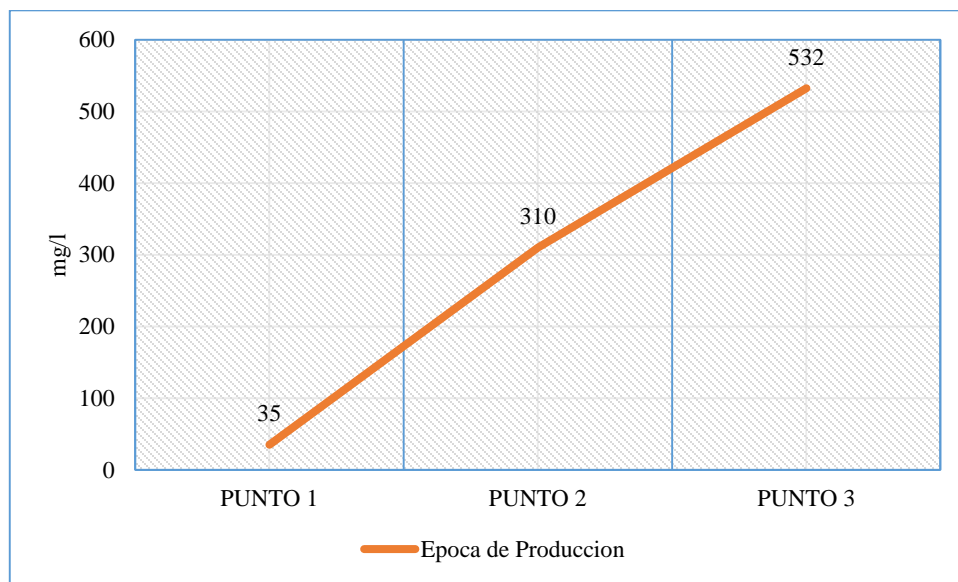
Se puede apreciar en la GRÁFICA N°9, de la *Época de Producción*, que el pH tiende a mostrar cambios, se observa que en el PUNTO 1 los resultados de análisis nos dieron un valor de 7,95 mg/l, pero en el PUNTO 2 desciende a 5,06 mg/l de la misma manera que el PUNTO 3 aguas abajo con 4,6 mg/l, caracterizándose como aguas de tipo acida. Los cambios en los valores de pH son el resultado de uso de químicos, ya sean para la producción del azúcar, alcohol o también el uso de estos en áreas de mantenimiento de equipos de la industria.

Comparando con el CUADRO N°12, la concentración del PUNTO 1 se encuentra dentro del límite permisible para descargas líquidas, al contrario del PUNTO 2 y 3 estos se hallan por debajo del rango 6 a 9, propuesto en el ANEXO A-2 del RMCH y/o ANEXO 13-C DEL RASIM, presentando características de tipo acido.



## GRÁFICA N° 10

### SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



Fuente: Elaboración propia, 2017

Se puede apreciar en la GRÁFICA N°10, que el PUNTO 1 de la *Época de Producción*, la concentración de los sólidos suspendidos totales es demasiado bajo con un valor de 35 mg/l, a su vez el PUNTO 2 está muy elevado con 310 mg/l esto se debe a la presencia de residuos de lavado de caña de azúcar, bagazo, etc. Este parámetro en el PUNTO 3 se eleva a 532 mg/l; se tiene entendido que los componentes de los sólidos suspendidos tienden a sedimentar con el paso de los días formando grandes masas, las cuales para su descomposición requieren de oxígeno, el cual absorben del agua llegando en algunos casos a consumirlo totalmente.

Si el flujo de oxígeno es lento da lugar a la sedimentación de los sólidos mencionado anteriormente, estos se pudren de tal manera que contribuyen al desprendimiento de malos olores y sobre todo dificulta la presencia de cualquier forma de vida animal en el cuerpo receptor.

La autopurificación de un cuerpo de agua, es un proceso que depende del tiempo, la temperatura, el abastecimiento de oxígeno el caudal del cuerpo de agua.

Demostrando los resultados de cada sitio de muestreo, solamente el PUNTO 1 se mantiene dentro del límite permisible para descargas líquidas del ANEXO A-2 del RMCH de la ley 1333 y/o ANEXO 13-C del RASIM, mientras que los PUNTOS 2 y 3, superan el límite de descarga considerablemente.

### **3.3. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE LA QUEBRADA DEL NUEVE, SEGÚN EL REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACIÓN HÍDRICA**

Si bien en el análisis comparativo se mostró la variación de los parámetros medidos en los tres puntos de muestreo, haciendo uso de los límites permisibles para descargas líquidas estipulados en el ANEXO A-2 del RMCH y/o ANEXO 13-C del RASIM, es importante mencionar que existió un parámetro que no pudo ser comparado, ya que no tienen un valor establecido en el RMCH de la ley 1333.

Para determinar a qué clase corresponden las aguas de la Quebrada del Nueve, se procedió nuevamente a comparar los valores obtenidos de cada parámetro, en la Época de no Producción y Producción, con los resultados del CUADRO N° 8, se tuvo que dejar de lado, los parámetros de sólidos totales y sólidos suspendidos totales, los cuales no se encuentran establecidos en el CUADRO N° A-1 DE VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES DEL RMCH. Se optó por dar uso al parámetro de sólidos disueltos, ya que la relación de sólidos disueltos y suspendidos es igual a los sólidos totales, por lo cual el mismo si se encuentra dispuesto en el RMCH.

A continuación se clasificará todos parámetros en cada punto de muestreo, en la Época de No producción y Producción de la industria, para después dar una clasificación general del cuerpo de agua.

### 3.3.1. ÉPOCA DE NO PRODUCCIÓN-MES DE JULIO

#### CUADRO N° 13

#### PUNTO 1: PUENTE EL NUEVE

| PARÁMETROS                  | RESULTADOS | LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES |           |           |           | CLASIF.  |
|-----------------------------|------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                             |            | CLASE A                     | CLASE B   | CLASE C   | CLASE D   |          |
| DBO <sub>5</sub>            | 9.3 mg/l   | < 2                         | < 5       | < 20      | < 30      | <b>C</b> |
| DQO                         | 10 mg/l    | < 5                         | < 10      | < 40      | < 60      | <b>B</b> |
| Aceites y Grasas            | 0.06 mg/l  | ausente                     | ausente   | 0.3       | 1.00      | <b>C</b> |
| pH                          | 8.29       | 6.0 a 8.5                   | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | <b>A</b> |
| Sólidos Totales             | 592 mg/l   | -                           | -         | -         | -         | -        |
| Sólidos Suspendidos Totales | 388 mg/l   | -                           | -         | -         | -         | -        |
| Sólidos disueltos totales   | 204mg/l    | 1000                        | 1000      | 1500      | 1500      | <b>A</b> |

Fuente: Elaboración propia, 2017

Como se observa en el CUADRO N°13, el parámetro de sólidos disueltos totales se compara con los valores máximos admisibles presentes en el CUADRO N° A-1 del RMCH, caracterizando este parámetro en CLASE A, de la misma manera el pH obtuvo una CLASE A en el PUNTO 1.

La peor clase en este punto de muestreo va dirigida a los parámetros químicos como ser: DBO<sub>5</sub> y los Aceites y Grasas que están dentro de la CLASE C. Según el RMCH establece lo siguiente:

**CLASE C:** Son aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica.

**CUADRO N° 14**

**PUNTO 2: UNIÓN DE EFLUENTE INDUSTRIAL Y QUEBRADA**

| PARÁMETROS                  | RESULTADOS | LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES |           |           |           | CLASIF. |
|-----------------------------|------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
|                             |            | CLASE A                     | CLASE B   | CLASE C   | CLASE D   |         |
| DBO5                        | 11.5 mg/l  | < 2                         | < 5       | < 20      | < 30      | C       |
| DQO                         | 12 mg/l    | < 5                         | < 10      | < 40      | < 60      | C       |
| Grasas y Aceites            | 0.07 mg/l  | ausente                     | ausente   | 0.3       | 1.00      | C       |
| pH                          | 8.12       | 6.0 a 8.5                   | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | A       |
| Sólidos Totales             | 575 mg/l   | -                           | -         | -         | -         | -       |
| sólidos Suspendidos Totales | 248 mg/l   | -                           | -         | -         | -         | -       |
| sólidos disueltos totales   | 327mg/l    | 1000                        | 1000      | 1500      | 1500      | A       |

Fuente: Elaboración propia, 2017

Apreciando el CUADRO N°14, en el PUNTO 2 los Sólidos disueltos totales se mantienen en CLASE A, aunque aumentando su concentración mayor al PUNTO 1 del CUADRO N°13, esto se debe a la presencia de compuestos químicos, ya sean provenientes de aguas arriba o por las aguas residuales que provienen de la industria azucarera.

Dentro de los parámetros químicos la DBO<sub>5</sub> y los aceites y grasas se mantienen dentro de la CLASE C, incorporándose a esta CLASE el parámetro DQO el mismo que elevó su concentración en este punto de muestreo a 12 mg/l. El pH sigue manteniéndose en la CLASE A, presentando aun características alcalinas según lo manifestado en sus valores.

### CUADRO N° 15

#### PUNTO 3: PUENTE ARROZALES

| PARÁMETROS                  | RESULTADOS | LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES |           |           |           | CLASIF. |
|-----------------------------|------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
|                             |            | CLASE A                     | CLASE B   | CLASE C   | CLASE D   |         |
| DBO <sub>5</sub>            | 9.3 mg/    | < 2                         | < 5       | < 20      | < 30      | C       |
| DQO                         | 11 mg/l    | < 5                         | < 10      | < 40      | < 60      | C       |
| Grasas y Aceites            | 0.09 mg/l  | ausente                     | ausente   | 0.3       | 1.00      | C       |
| pH                          | 8.28       | 6.0 a 8.5                   | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | A       |
| Sólidos Totales             | 625 mg/l   | -                           | -         | -         | -         | -       |
| Sólidos Suspendidos Totales | 298 mg/l   | -                           | -         | -         | -         | -       |
| Sólidos disueltos totales   | 327 mg/l   | 1000                        | 1000      | 1500      | 1500      | A       |

Fuente: Elaboración propia, 2017

Según el CUADRO N°15, podemos ver que en el PUNTO 3 aledaño a la fábrica, los sólidos disueltos totales al igual que el pH continúan ubicados en la CLASE A. Así

mismo los parámetros químicos como la DBO<sub>5</sub>, DQO y los aceites y grasas permanecen en la CLASE C.

En la época de no producción se pudo distinguir que el pH y los sólidos disueltos totales, son los únicos parámetros que se mantienen en la CLASE A. en los tres sitios de muestreo.

### 3.3.2. ÉPOCA DE PRODUCCIÓN O ZAFRA-MES DE SEPTIEMBRE

**CUADRO N° 16**

**PUNTO 1: PUENTE DEL NUEVE**

| PARÁMETROS                  | RESULTADOS | LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES |           |           |           | CLASIF.  |
|-----------------------------|------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                             |            | CLASE A                     | CLASE B   | CLASE C   | CLASE D   |          |
| DBO <sub>5</sub>            | 15.5 mg/l  | < 2                         | < 5       | < 20      | < 30      | <b>C</b> |
| DQO                         | 21.0 mg/l  | < 5                         | < 10      | < 40      | < 60      | <b>C</b> |
| Aceites y Grasas            | 0.05 mg/l  | ausente                     | ausente   | 0.3       | 1.00      | <b>C</b> |
| pH                          | 7.95       | 6.0 a 8.5                   | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | <b>A</b> |
| Sólidos Totales             | 637 mg/l   | -                           | -         | -         | -         | -        |
| Sólidos Suspendidos Totales | 35.0 mg/l  | -                           | -         | -         | -         | -        |
| Sólidos disueltos totales   | 602 mg/l   | 1000                        | 1000      | 1500      | 1500      | <b>A</b> |

Fuente: Elaboración propia, 2017

Como se observa en el CUADRO N°16, el PUNTO 1, los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, Aceites y Grasas, se encuentran dentro de la CLASE C, según el RMCH se tendría que realizar lo siguiente :

**CLASE C:** Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica.

El pH y los Sólidos Disueltos Totales se mantuvieron en la CLASE A, al igual que en el PUNTO 1 de la Época de no producción (CUADRO N°13), no exponiendo grandes cambios en sus concentraciones.

### CUADRO N° 17

#### PUNTO 2: UNIÓN DE EFLUENTE INDUSTRIAL Y QUEBRADA

| PARÁMETROS                  | RESULTADOS | LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES |           |           |           | CLASIF.  |
|-----------------------------|------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                             |            | CLASE A                     | CLASE B   | CLASE C   | CLASE D   |          |
| DBO <sub>5</sub>            | 1048 mg/l  | < 2                         | < 5       | < 20      | < 30      | <b>D</b> |
| DQO                         | 5756 mg/l  | < 5                         | < 10      | < 40      | < 60      | <b>D</b> |
| Aceites y Grasas            | 0.12 mg/l  | ausente                     | ausente   | 0.3       | 1.00      | <b>C</b> |
| pH                          | 5.06       | 6.0 a 8.5                   | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | <b>A</b> |
| Sólidos Totales             | 4235 mg/l  | -                           | -         | -         | -         | -        |
| Sólidos Suspendidos Totales | 310 mg/l   | -                           | -         | -         | -         | -        |
| Sólidos disueltos totales   | 3925 mg/l  | 1000                        | 1000      | 1500      | 1500      | <b>D</b> |

Fuente: Elaboración propia, 2017

Se puede apreciar en el CUADRO N°17 que los resultados de los análisis, de la muestra tomada en PUNTO 2 unión del efluente de la industria con las aguas de la Quebrada del Nueve, tres de los parámetros ascendieron sus concentraciones, tales como los sólidos disueltos totales que en la época de no producción se conservaron en CLASE A en los tres puntos de muestreo (ver CUADRO N°13, 14 y 15 ) pero al llegar la Época de zafra elevo su concentración, situándose en CLASE D.

Los parámetros como la DBO5 y DQO, de igual manera se sitúan en la CLASE D, no hay duda de que el aporte de residuos orgánicos juega un papel muy importante en este tipo de cambios repentinos.

Los aceites y grasas se mantuvieron dentro de la CLASE C; a su vez el pH se encuentra fuera del rango de clasificación de 6.0 a 8.5 establecido en el CUADRO N° A-1 del RMCH, con un valor de 5,06 mg/l presentando aguas de tipo ácido.

### CUADRO N° 18

#### PUNTO 3: PUENTE ARROZALES

| PARÁMETROS                        | RESULTADOS | LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES |           |           |           | CLASIF.  |
|-----------------------------------|------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
|                                   |            | CLASE A                     | CLASE B   | CLASE C   | CLASE D   |          |
| DBO5                              | 943 mg/l   | < 2                         | < 5       | < 20      | < 30      | <b>D</b> |
| DQO                               | 6752 mg/l  | < 5                         | < 10      | < 40      | < 60      | <b>D</b> |
| Aceites y Grasas                  | 0.10 mg/l  | ausente                     | ausente   | 0.3       | 1.00      | <b>C</b> |
| pH                                | 4.60       | 6.0 a 8.5                   | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | 6.0 a 9.0 | <b>A</b> |
| Sólidos Totales                   | 5452 mg/l  | -                           | -         | -         | -         | -        |
| Sólidos<br>Suspendidos<br>Totales | 532 mg/l   | -                           | -         | -         | -         | -        |



|                              |           |      |      |      |      |          |
|------------------------------|-----------|------|------|------|------|----------|
| Sólidos Disueltos<br>totales | 4920 mg/l | 1000 | 1000 | 1500 | 1500 | <b>D</b> |
|------------------------------|-----------|------|------|------|------|----------|

Fuente: Elaboración propia, 2017

Observando el CUADRO N°18, todos los parámetros se encuentran en la misma clasificación del CUADRO N°17 de la Época de producción. Hubo un aumento en las concentraciones de los parámetros de DQO y Sólidos disueltos totales, mientras que en el pH y DBO<sub>5</sub> disminuyeron.

Cabe afirmar que el pH en este punto de muestreo continúa disminuyendo de 5,06 mg/l a 4,60 mg/l, nuevamente mostrando características ácidas.

### 3.4.DISCUSIÓN

**CUADRO N° 19**

|   | PARÁMETRO                    | PUNTO 1 | PUNTO 2 | PUNTO 3 |
|---|------------------------------|---------|---------|---------|
| ÉPOCA DE NO<br>PRODUCCIÓN-<br>MES DE JULIO      | DBO <sub>5</sub>             | C       | C       | C       |
|   | DQO                          | B       | C       | C       |
|   | Aceites y grasas             | C       | C       | C       |
|   | pH                           | A       | A       | A       |
|   | Sólidos disueltos<br>totales | A       | A       | A       |
| ÉPOCA DE<br>PRODUCCIÓN-<br>MES DE<br>SEPTIEMBRE | DBO <sub>5</sub>             | C       | D       | D       |
|   | DQO                          | C       | D       | D       |
|   | aceites y grasas             | C       | C       | C       |
|   | pH                           | A       | A*      | A*      |
|   | Sólidos disueltos<br>totales | A       | D       | D       |

■ Clase A

■ Clase C

□ A\*: fuera de rango

■ Clase B

■ Clase D

Fuente: Elaboración propia, 2017

De acuerdo a las comparaciones, se obtuvo una evidente variabilidad en la clasificación de cada parámetro analizado según el CUADRO N° 19; por lo que la Quebrada del Nueve en la *Época de no Producción* correspondería a aguas de CLASE C, ya que se evidenció presencia de materia orgánica, igualmente observando el CUADRO N°11 los sólidos suspendidos totales, sobrepasaron el límite permisible para descargas líquidas estipulado en el ANEXO A-2 del RMCH y/o ANEXO 13-C del RASIM.

En la *Época de Zafra*, la Quebrada del Nueve corresponde a la CLASE D, esto por motivo del aumento en los valores de la DBO<sub>5</sub>, DQO y Sólidos disueltos totales, indicando una alta carga orgánica producto de los residuos que provienen del ingenio, de la misma manera en el CUADRO N°12 el parámetro de Sólidos suspendidos totales y demás parámetros superaron los límites de descargas líquidas del RMCH.

Para respaldar la clasificación de este cuerpo de agua se contó con información solicitada de la OTNPB (ver CUADRO N°2), además de fotografías tomadas en los meses de julio y septiembre (ver anexos), estas expusieron el estado del cuerpo de agua antes del inicio de zafra, toda esta información se la utilizó para ejecutar una clasificación más detallada de las aguas de la “Quebrada del nueve”. Por lo tanto nuestros resultados corroboraron los estudios realizados por la OTN-PB, que clasifica a la Quebrada del Nueve en CLASE D.

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.5.1. ANÁLISIS ANOVA DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)

**H<sub>0</sub>** : Las concentraciones promedio de la DBO<sub>5</sub>, en la Época de No Producción y Época de Producción, presentan similitud dentro del ANEXO A-2 del RMCH.

**H<sub>1</sub>** : Las concentraciones promedio de la DBO<sub>5</sub>, en la Época de No Producción y Época de Producción, no presentan similitud dentro del ANEXO A-2 del RMCH.

|                 | Época de No Producción | Época de Producción |
|-----------------|------------------------|---------------------|
| PUNTO 1         | 9,3                    | 15,5                |
| PUNTO 2         | 11,5                   | 1048                |
| PUNTO 3         | 9,3                    | 943                 |
| <b>PROMEDIO</b> | 10,4                   | 995,5               |

| Grupos                 | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|------------------------|--------|------|----------|----------|
| Época de No Producción | 2      | 20,8 | 10,4     | 2,42     |
| Época de Producción    | 2      | 1991 | 995,5    | 5512,5   |

|              |                       |
|--------------|-----------------------|
| F. calculado | Valor crítico para F. |
| 351,93       | 18,51                 |

Sí existen diferencias significativas ya que “F calculado > F tabulada

La regla de decisión para el análisis anova es: si el valor de F. calculado es mayor o igual al valor de tabla se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) y acepta la hipótesis alterna (H<sub>1</sub>).

En lo que respecta a las dos concentraciones promedio en la Época de No Producción con 10,4 mg/l y la Época de Producción con 995,5 mg/l estas no presentan similitud dentro del ANEXO A-2, ya que el valor de 10,4 mg/l del mes de julio se encuentra por debajo del límite de 80mg/l estipulado por el RMCH, y el valor de 995,5 mg/l del mes de septiembre sobrepaso el límite.

### 3.5.2. ANÁLISIS ANOVA DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (mg/l)

**H<sub>0</sub>** : Las concentraciones promedio de la DQO, en la Época de No Producción y Época de Producción, presentan similitud dentro del ANEXO A-2 del RMCH.

**H<sub>1</sub>** : Las concentraciones promedio de la DQO, en la Época de No Producción y Época de Producción, no presentan similitud dentro del ANEXO A-2 del RMCH.

|                 | Época de No Producción | Época de Producción |
|-----------------|------------------------|---------------------|
| PUNTO 1         | 10                     | 21                  |
| PUNTO 2         | 12                     | 5756                |
| PUNTO 3         | 11                     | 6752                |
| <b>PROMEDIO</b> | 11,5                   | 6254                |

| Grupos                 | Cuenta | Suma  | Promedio | Varianza |
|------------------------|--------|-------|----------|----------|
| Época de No Producción | 2      | 23    | 11,5     | 0,5      |
| Época de Producción    | 2      | 12508 | 6254     | 496008   |

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| F. calculado | Valor crítico para F |
| 157,13       | 18,51                |

Sí existen diferencias significativas ya que “F calculado > F tabulada”

Apreciando los resultados estadísticos para el parámetro DQO, se tiene un F. calculado que es mayor al F. tabulado, por lo que se acepta la H<sub>1</sub>.

En base a las concentraciones promedio en la Época de No Producción con 11,5 mg/l y la Época de Producción con 6254 mg/l estas no presentan similitud dentro del ANEXO A-2, ya que el promedio 11,5 mg/l del mes de julio se encuentra por debajo de los 250 mg/l del límite permisible para descargas líquidas, mientras que el valor de 6254 mg/l del mes de septiembre sobrepasa el límite señalado en el RMCH.

### 3.5.3. ANÁLISIS ANOVA DE GRASAS Y ACEITES (mg/l)

**H<sub>0</sub>:** Las concentraciones promedio de las Grasas y Aceites, en la Época de No Producción y Época de Producción, presentan similitud dentro del ANEXO A-2 del RMCH.

**H<sub>1</sub>:** Las concentraciones promedios de las Grasas y Aceites, en la Época de No Producción y Época de Producción, no presentan similitud dentro del ANEXO A-2 del RMCH.

|                 | Época de No Producción | Época de Producción |
|-----------------|------------------------|---------------------|
| PUNTO 1         | 0,06                   | 0,05                |
| PUNTO 2         | 0,07                   | 0,12                |
| PUNTO 3         | 0,09                   | 0,10                |
| <b>PROMEDIO</b> | 0,08                   | 0,11                |

| Grupos                 | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|------------------------|--------|------|----------|----------|
| Época de No Producción | 2      | 0,16 | 0,08     | 0,0002   |
| Época de Producción    | 2      | 0,22 | 0,11     | 0,0002   |

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| F. calculado | Valor crítico para F |
| 4,5          | 18,51                |

No existen diferencias significativas ya que “F calculada < F tabulada”

Observando la tabla de resultados se tiene un F. calculado menor al F. tabulado, por lo que se rechaza la H<sub>1</sub> y se acepta la H<sub>0</sub>.

Revisando ambas concentraciones promedio tanto en la Época de No Producción con 0,08 mg/l y Época de Producción con 0,11 mg/l, si se presenta una similitud dentro del ANEXO A-2, ya que estos valores se encuentran por debajo de los 10 mg/l del límite permisible para descargas líquidas establecido en el RMCH.

### 3.5.4. ANÁLISIS ANOVA DEL pH

**H<sub>0</sub>** : Las concentraciones promedio del pH, en la Época de No Producción y Época de Producción, presentan similitud dentro del ANEXO A-2 del RMCH.

**H<sub>1</sub>** : Las concentraciones promedio del pH, en la Época de No Producción y Época de Producción, no presentan similitud dentro del ANEXO A-2 del RMCH.

|                 | Época de No Producción | Época de Producción |
|-----------------|------------------------|---------------------|
| PUNTO 1         | 8,29                   | 7,95                |
| PUNTO 2         | 8,12                   | 5,06                |
| PUNTO 3         | 8,28                   | 4,60                |
| <b>PROMEDIO</b> | 8,2                    | 4,83                |

| Grupos                 | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|------------------------|--------|------|----------|----------|
| Época de No Producción | 2      | 16,4 | 8,2      | 0,0128   |
| Época de Producción    | 2      | 9,66 | 4,83     | 0,1058   |

|              |                       |
|--------------|-----------------------|
| F. Calculado | Valor crítico para F. |
| 191,52       | 18,51                 |

Sí existen diferencias significativas ya que “F calculada > F tabulada”

En este cálculo estadístico para el pH, se tiene un F. calculado mayor al F. tabulado, por lo que se rechaza la H<sub>0</sub> y se acepta la H<sub>1</sub>.

En lo que concierne a las dos concentraciones promedio en la Época de No Producción con 8,2 mg/l y en la Época de Producción con 4,83 mg/l estas no presentan similitud dentro del ANEXO A-2, ya que el valor de 8,2 mg/l del mes de julio se encuentra dentro del límite permisible para descargas líquidas de 6-9 mg/l estipulado por el RMCH, y

en cuanto al valor de 4,83 mg/l correspondiente al mes de septiembre, este se halla fuera del límite mencionado anteriormente.

### 3.5.5. ANÁLISIS ANOVA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/l)

**H<sub>0</sub>** : Las concentraciones promedio de los Solidos Suspendidos Totales, en la Época de No Producción y Época de Producción, presentan similitud dentro del ANEXO A-2 del RMCH.

**H<sub>1</sub>** : Las concentraciones promedio de los Solidos Suspendidos Totales, en la Época de No Producción y Época de Producción, no presentan similitud dentro del ANEXO A-2 del RMCH.

|                 | Época de No Producción | Época de Producción |
|-----------------|------------------------|---------------------|
| PUNTO 1         | 388                    | 35,0                |
| PUNTO 2         | 248                    | 310                 |
| PUNTO 3         | 298                    | 532                 |
| <b>PROMEDIO</b> | 273                    | 421                 |

| Grupos                 | Cuenta | Suma | Promedio | Varianza |
|------------------------|--------|------|----------|----------|
| Época de No Producción | 2      | 546  | 273      | 1250     |
| Época de Producción    | 2      | 842  | 421      | 24642    |

| F. calculado | Valor crítico para F |
|--------------|----------------------|
| 1,69         | 18,51                |

No existen diferencias significativas ya que “F calculado < F tabulada”

El análisis estadístico de los sólidos suspendidos totales, nos arroja como resultado un F. calculado menor al F. tabulado, por lo que se rechaza la H<sub>1</sub> y acepta la H<sub>0</sub>.

Se puede apreciar similitud en ambos promedios en las épocas de no producción y época de producción, ya que estos valores sobrepasan el límite para descargas líquidas de 60 mg/l estipulado en el ANEXO A-2 del RMCH.

- Se despreció el punto 1, en ambas épocas por motivo de que el mismo no interactúa con las aguas residuales no tratadas de IABSA.



### **3.6.MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

La Quebrada del Nueve, constituye un importante afluente para el Río Grande de Tarija el cual aporta sus aguas a la cuenca del Río Bermejo, siendo estas de uso binacional; a la misma vez se constituye un hábitat natural para la flora y fauna acuática del municipio de Bermejo, según los análisis físico-químico, y la interpretación de los resultados, se llega a la conclusión de que gran parte de los parámetros analizados en la “Quebrada del Nueve” se encuentran dentro de la CLASE C en la Época de No producción y CLASE D en la Época de Producción o Zafra, por lo tanto se propone las siguientes medidas de mitigación, que consiste en la construcción de una planta de tratamiento (PTAR) formada por lagunas de estabilización para tratar las aguas residuales provenientes de la Industria Azucarera.

#### **3.6.1. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN**

Las lagunas de estabilización, son depósitos construidos mediante la excavación y compactación de la tierra que almacenan agua de cualquier calidad por un periodo determinado. Una laguna de estabilización, funciona básicamente por la actividad bacteriana y las relaciones entre algas y otros organismos. (ENEXIO 2H tecnologías del agua, 2016)

Las lagunas de estabilización representan un sistema natural de tratamiento de aguas residuales, con costos mínimos de operación y reconocidos a nivel mundial. La construcción de lagunas de estabilización para resolver el problema del tratamiento de aguas residuales, es aplicable tanto para las industrias como para las domésticas y ciudades grandes. Sin embargo, existen localidades en las que el costo y la falta de disponibilidad de terreno no permiten este tipo de tratamiento. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2013 (Citado en Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales, La Paz, Octubre 2013- Ministerio de Medio Ambiente y Agua)

En las lagunas de estabilización, la remoción de la materia orgánica (expresada como DBO5) es realizada mediante procesos biológicos aerobios y anaerobios. Dependiendo del proceso predominante, las lagunas son aerobias (de maduración o de pulimento),

anaerobias o facultativas. Las lagunas facultativas son diseñadas para la remoción de la DBO y patógenos. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2013 (citado en Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales, La Paz, Octubre 2013- Ministerio de Medio Ambiente y Agua).

### **LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE TARIJA**



Fuente: Google Earth, 2018

#### **3.6.2. PRE-TRATAMIENTO**

El pre tratamiento tiene como objetivo eliminar de las aguas residuales todos aquellos elementos que por su naturaleza o tamaño pueden afectar el correcto funcionamiento de los tratamientos posteriores, principalmente por su acción mecánica, formación de sedimentos, abrasión o atascos. Entre las técnicas más usadas en las plantas de Bolivia están el desarenador y la rejilla, ya sea de limpieza manual o de limpieza mecanizada en las plantas grandes.

**Rejas:** El primer paso para el tratamiento preliminar es la retención de sólidos de gran tamaño. El proceso más utilizado es pasar el agua residual a través de rejas o tamices, pero también se puede utilizar trituradores que desmenuzan sólidos gruesos sin separarlos del agua.

**Desarenadores:** Separan arena, grava, ceniza y otros materiales pesados mediante la sedimentación.

### **3.6.3. TRATAMIENTO PRIMARIO**

Principalmente es una separación de sólidos y líquidos por medios físicos (por acción de la gravedad) de los sólidos en suspensión. La mayor parte de las plantas en Bolivia utilizan reactores anaerobios y entre ellos se tienen las cámaras sépticas, las cámaras de sedimentación, los tanques Imhoff, los reactores y las lagunas anaerobias. En todo este grupo de reactores se logra una reducción variable en la carga de DBO que alcanza, en la mayoría de los casos, hasta un 50%.

La digestión anaerobia es la conversión de la materia orgánica básicamente en metano y anhídrido carbónico, proceso que se realiza con la acción bacteriana y en ausencia de oxígeno.

Para que un reactor anaerobio funcione adecuadamente, se tiene que conseguir un equilibrio entre las comunidades de bacterias, tomando en cuenta que el crecimiento de las metanogénicas es mucho menor que el crecimiento de las acidogénicas. Si por algún motivo disminuye el tamaño de la comunidad de bacterias metanogénicas, se producirán los malos olores por la abundancia de otras bacterias y la consecuente acidificación del reactor.

Para que ello no ocurra, se requiere de una adecuada operación y mantenimiento de los reactores, cuidando en todo momento que el pH esté en el rango adecuado; si falta alcalinidad se pueda suplir la misma con el añadido de cal y cuidar la temperatura, entre otros aspectos de menor importancia.

Un reactor anaerobio, debe instalarse inmediatamente después de los procesos de pre-tratamiento y desarenado, mientras que el agua tratada requiere un post-tratamiento adecuado. En alguna región del país, también se han utilizado lagunas facultativas como tratamiento primario. Éstas tienen la particularidad de hacer un tratamiento biológico con bacterias aeróbicas en la parte superior, el cual permite penetración solar

y anaerobia en la parte inferior. En este tipo de tratamiento se tiene reducciones, tanto en la carga de DBO, como en bacterias coliformes.

### **LAGUNAS ANAEROBIAS**

Las lagunas anaeróbicas son estanques profundos, 2,5 – 5,0 m, donde la descomposición de la materia orgánica se produce sin la presencia de oxígeno disuelto, recibiendo cargas orgánicas elevadas de modo que la actividad fotosintética de las algas es eliminada. Las bacterias que se desarrollan (anaeróbicas) transforman la materia orgánica produciendo gases como el metano (CH<sub>4</sub>), hidrógeno sulfurado ( H<sub>2</sub>S) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros productos minerales). Ministerio de Medio Ambiente y Agua-Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2010 (citado en guía técnica de diseño y ejecución de proyectos de agua y saneamiento con tecnologías alternativas.

Usualmente, las lagunas anaeróbicas son usadas en una primera etapa (en una serie de lagunas) como tratamiento de aguas residuales y tienen la función de remoción, principalmente de la DBO. No contienen oxígeno disuelto ni algas.

Las tasas de remoción alcanzan, en caso de un diseño apropiado, como máximo hasta un 60% de DBO dadas las condiciones climáticas apropiadas, pero en Bolivia en la mayor parte de los casos, sólo remueven hasta máximo 50% de la carga de DBO.

La remoción de DBO se logra con la sedimentación de los sólidos en el agua y la digestión anaeróbica en la zona de los lodos. EL tiempo de retención de las aguas residuales en las lagunas anaerobias son 0.5-4 días.

### **3.6.4. TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Corresponde a una eliminación mayor de los contaminantes, generalmente por procesos biológicos. En estos casos la reducción en DBO corresponde a la parte soluble de la misma y, dependiendo de la tecnología empleada, se presentan reducciones de coliformes fecales.

El lugar donde se pone en contacto la biomasa con el agua residual para llevar a cabo el tratamiento, puede ser un reactor biológico o una laguna de estabilización entre otros tipos.

En la mayoría de los casos, la biomasa se genera espontáneamente durante el tratamiento biológico y a partir de pequeñas concentraciones de microorganismos presentes en el agua residual o en el aire.

### **LAGUNAS FACULTATIVAS**

En las lagunas facultativas se distinguen dos zonas de trabajo bien diferenciadas: una región aerobia en la superficie y cercana a ésta y una región anaerobia en el fondo. El tiempo de retención de las aguas residuales en las lagunas facultativas es de 5-10 días.

Las lagunas facultativas se caracterizan por el desarrollo simultáneo de dos procesos naturales de descomposición: el aeróbico en el estrato superior de la laguna (interacción entre materia orgánica, algas y bacterias) y el anaeróbico en los estratos inferiores. Son estanques de profundidad media, de 1,5 – 2,5 m, donde el contenido de oxígeno libre varía conforme se aleja de la superficie del agua. Ministerio de Medio Ambiente y Agua-Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2010(citado en Guía técnica de diseño y ejecución de proyectos de agua y saneamiento con tecnologías alternativas)

### **LAGUNAS DE MADURACIÓN**

Estas lagunas se construyen normalmente después de las lagunas anaerobias y facultativas. La gran ventaja de las lagunas de maduración es que se tiene una remoción natural de bacterias y otros organismos perjudiciales sin el uso de compuestos químicos, como por ejemplo, cloro. El Tiempo de retención de la laguna de maduración o aerobia 5-50 días.

Las lagunas aeróbicas, conocidas como lagunas de maduración o pulimento, se caracterizan porque la estabilización de la materia orgánica se lleva a cabo en presencia de oxígeno disuelto en toda la profundidad de la laguna. Son estanques de poca

profundidad, 0,50 – 1,5 m, que permiten la penetración de la luz solar en toda su profundidad. Se emplean como última etapa del sistema de tratamiento con el propósito principal de mejorar la remoción de microorganismos patógenos. Ministerio de Medio Ambiente y Agua-Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2010 (citado en Guía técnica de diseño y ejecución de proyectos de agua y saneamiento con tecnologías alternativas)

**CUADRO N° 20**  
**ESTIMACIÓN DE COSTOS DE UNA PTAR**

| ÍTEM                            | DESCRIPCIÓN                                | COSTO<br>TOTAL ( Bs ) |
|---------------------------------|--|-----------------------|
| 1.                              | OBRAS PRELIMINARES                         | 150.028,75            |
| 2.                              | EMISARIO                                   | 46.016,88             |
| 3.                              | PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL     |                       |
| 3.1.                            | PRE-TRATAMIENTO                            | 54.769,34             |
| 3.2.                            | LAGUNAS FAC. (2 UND) Y LAGUNA MAD. (1 UND) | 2.022.144,78          |
| 3.3.                            | CÁMARA DE INGRESO LAGUNAS FAC 1-2          | 107.270,97            |
| 3.4.                            | CÁMARA INTERC. LAG FAC 1-2 LAG MAD,        | 85.780,14             |
| 3.5.                            | CÁMARA DE SALIDA LAGUNA MAD.               | 20.450,71             |
| 3.6.                            | CAMARA DE CONTROL                          | 16.772,05             |
| 3.7.                            | DESCARGA FINAL DE EFLUYENTE                | 55.930,39             |
| 3.8.                            | OBRAS DE PROTECCIÓN                        | 252.588,00            |
| 3.9.                            | LABORATORIO Y OFICINA                      | 356.892,81            |
| 3.10.                           | CERCO PERIMETRAL                           | 315.374,46            |
| 3.11.                           | INSTALACIONES SANITARIAS                   | 68.511,67             |
| 3.12.                           | INSTALACIONES ELÉCTRICAS                   | 260.020,73            |
| 3.13.                           | VÍA DE ACCESO                              | 8.919,55              |
| 4.                              | ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS                | 8.856,92              |
| <b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b> |  | <b>3.830.328,15</b>   |

Fuente: (Pirámide Ingeniería y Construcción S.R.L., 2017)-construcción planta de tratamiento de aguas residuales Muyupampa

## **CAPITULO IV**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

**CONCLUSIÓN 1:** Se analizó las muestras del efluente de IABSA, en el laboratorio del CEANID, en la Épocas de No Producción y Época de Producción. Los resultados del análisis se ven reflejados en el CUADRO N°8 y anexos, estos muestran valores bajos en la Época de No Producción con características ligeramente alcalinas. En la Época de Producción o Zafra se tienen valores demasiado altos presentando cualidades ligeramente acidas.

Se añadió puntos de muestreo, aguas arriba y aguas abajo, esto con el fin de ver los cambios que se producen en la quebrada del nueve. Cabe recordar que los parámetros tomados están establecidos por el RASIM en su Anexo 13-B.

**CONCLUSIÓN 2:** A partir del análisis físico-químico de las muestras tomadas en la Quebrada del Nueve, durante la Época de no producción y Época de producción del ingenio azucarero, misma que vierte sus aguas residuales no tratadas a este cuerpo de agua, se obtuvieron los resultados de todos los parámetros asignados, y se determinó una alta contaminación en el tramo de estudio respecto al mes de septiembre, debido a la presencia de materia orgánica proveniente del ingenio azucarero, especialmente en el punto de descarga de aguas residuales con una concentración de la DBO<sub>5</sub> de 1048 mg/l y PUNTO 3 aguas abajo con 943 mg/l.

**CONCLUSIÓN 3:** La comparación de los resultados de cada parámetro nos señala que en la Época de no producción del mes de julio, solo el parámetro de Sólidos suspendidos totales sobrepasó el límite permisible para descargas líquidas, como se muestra en el CUADRO N° 11, mientras que en la Época de Producción CUADRO N°12 en el mes de septiembre los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Suspendidos totales y pH, estuvieron fuera de los límites permisibles señalados en el Anexo A-2 del RMCH y/o ANEXO 13-C del RASIM.



**CONCLUSIÓN 4:** De los resultados obtenidos en esta investigación se determinó que las aguas de la quebrada del nueve en la *Época de No producción*, se encuentran dentro la CLASE C y en la *Época de Producción* están dentro de la CLASE D.

**CONCLUSIÓN 5:** Tras el análisis de muestras tomadas en la Quebrada y posterior interpretación de resultados, se propone como medida de mitigación la implementación de un planta de tratamiento de aguas residuales conformada por lagunas de estabilización, para disminuir las concentraciones en los parámetros analizados, y de esta manera reducir la contaminación de este cuerpo receptor.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Se debe proteger y conservar la Quebrada Del Nueve, haciendo cumplir el RMCH, tomando en cuenta los límites permisibles para descargas liquidas para demostrar sí es que los niveles en los parámetros van aumentando; ya que estas aguas son afluentes del Río Grande de Tarija.
- Hacer un estudio acerca de la contaminación del Rio Grande de Tarija en la unión con la Quebrada del Nueve.
- Exigir la construcción de una PTAR en el Ingenio Azucarero.
- Disponer de sanciones a personas que realizan lavado de movilidades aguas arriba.
- Se tienen que realizar estudios sobre neutralización de pH ácido.
- Realizar monitoreos continuos en los factores aire y suelo, para tener registro de los impactos que genera la industria.