

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. MARCO HISTÓRICO

El agua siempre ha constituido un recurso vital para el hombre, al principio solo como bebida, más tarde para lavar, para sustento de sus animales y también para el riego de sus sembradíos.

Los problemas de contaminación del agua se agravan fundamentalmente al ir creciendo los núcleos de población y de esta manera ir incrementando su uso del agua, tanto en las zonas urbanas como en zonas rurales. Esto aumentado a que una deficiente o en algunos casos nulo tratamiento de las aguas servidas, provoca que la calidad del agua presente vaya disminuyendo paulatinamente.

Esto se puede ver reflejado en la Auditoría sobre los resultados de la Gestión Ambiental en la Cuenca del Río Guadalquivir realizado por La Contraloría General del Estado, con el apoyo de los Gobiernos Locales correspondientes en los años 2008 y 20015, donde según los resultados se muestra que el Río Guadalquivir, siendo este río afluente directo del Río Tarija, se encuentra con aguas cuya calidad es mala según el Índice de Calidad del Agua, (ICA-NSF), (MMAyA, 2015).

Es así que la autodepuración de un río, siendo un proceso natural que ayuda a la descomposición de sustancias extrañas que fueron incorporadas a un flujo de agua, con los resultados obtenidos por estudios anteriores en los efluentes del Río Tarija, se convierte en un proceso de suma importancia para la mejora de la calidad de agua presente en este cauce, más siendo así, que este cuerpo de agua cruza por una reserva Natural de Vida Silvestre por ende la calidad del agua debería mejorar.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. El Agua

El agua es esencial para los seres vivos, animal y vegetal, cuyos cuerpos se componen 70% de agua en la vida se utiliza el agua como medio de dilución y transporte interno de los elementos y sus combinaciones necesarios para el desarrollo de los organismos, ((Pietro Niebles, 2014), igualmente el agua es más importante de todo los compuestos siendo un elemento fundamental para toda forma de vida y el 60 a 70

% aproximadamente del cuerpo humano está compuesto de agua teniendo en cuenta que en forma natural casi no existe pura siempre contiene sustancias minerales y orgánicas disueltas o en suspensión, (Levine, 1998).

El agua es uno de los recursos naturales más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber agua de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos, (MINSA, 2014), excepcionalmente la importancia del agua desde el punto de vista químico reside en que; la totalidad de procesos químicos ocurren en la naturaleza el agua es un líquido constituido por dos sustancias gaseosas: oxígeno e hidrógeno y su fórmula química está representada por H_2O , (Vargas, 2008).

El agua presenta propiedades físicas, químicas y biológicas en la actualidad con el afán de elevar el bienestar de la colectividad se programan y planifican una serie de medidas tendientes a resolver los numerosos problemas de la salud ya que el agua se comporta como un medio de difusión de enfermedades; por tal razón debe vigilarse permanentemente la calidad sanitaria de la misma para evitar epidemias, (Álvarez, 1991). a su vez el agua en su estado natural es incoloro, insabor e inodora es un buen conductor y disolvente, adquiere la forma del recipiente que lo contenga, el agua comienza a formar un color característico y olor debido a materia orgánica y productos químicos, (F. Zarza, 2009).

3. Calidad del Agua

La calidad de agua de acuerdo a su función se define apta para consumo humano con tratamiento simple y desinfección y está relacionado con las fuertes precipitaciones climatológicas que alterando los parámetros físicos químicos y bacteriológicos del agua, (Zhen, 2009). Por lo tanto, el agua es un compuesto muy importante para la vida diaria, y la existencia de todos los seres vivos. Además, es un solvente universal que se encuentra en la superficie y el agua se encuentra en las superficies y subterráneas, al ser consumidas aguas que no son tratadas pueden contener micro organismos indeseables y nocivos para la salud.

En tanto la evaluación de la calidad del agua desde un enfoque multidisciplinario tiene el propósito de investigar la naturaleza biológica y fisicoquímico del agua y su relación que existe con la calidad natural y sus efectos adversos en la salud humana, (Organización Panamericana de la Salud, 1998), el elemento vital destinada a ser utilizada por el hombre es fundamental y de gran consideración y que están siendo afectadas por las actividades del hombre contaminándolas. En tanto los análisis de agua de acuerdo a los resultados de laboratorio nos indican que están siempre presentes elementos orgánicos así como minerales y gases y también la presencia de microorganismos consecuencia de factores climáticas y por las actividades antrópicas, (Saenz, 1999), además la contaminación del agua a consecuencia de los efluentes domésticos e industriales y sobre todo las malas prácticas en el uso de los suelos están causando la determinación de las fuentes de agua, (OMS, 2006).

Por lo tanto, la calidad del agua en relación a los parámetros establecidos con los resultados que se encuentran más altos de lo normal afectan los ecosistemas y al hombre, el agua después de ser usada y brindada el servicio, regresa a su proceso del ciclo hidrológico y ésta al no ser tratada daña gravemente el ambiente, la calidad del agua se define comprobando los límites máximos permisibles (LMP) con los resultados de los análisis de laboratorio, (Cifuentes, 2004).

Sin embargo, la organización mundial de la salud (OMS) fijo cinco indicadores del agua para ser aceptables y estas no pueden ser excedidos como microbiológicamente, radioactivas, físicas, químicos y organolépticas y pueden afectar la salud de las personas como ocasionan los coliformes fecales, salmonella, Escherichia coli, (Cordian, 2005).

3.1. Monitoreo y Muestreo

El monitoreo de la calidad del agua es la recolección actual de la información en un grupo de sitios y a intervalos regulares con el fin de proveer datos que puedan ser utilizados para definir condiciones recientes y tendencias establecidas entre otras, (Chapman, 1996).

Cuando se recolectan muestras directamente de un río, quebrada, lago, reservorio o manantial debe tenerse presente que el objetivo es obtener una muestra representativa del agua a analizar, de manera que no es conveniente recolectar muestras en puntos demasiado próximos a la orilla, muy distantes del punto de captación, del sedimento cerca del fondo o de lugares donde el agua se encuentra estancada, (AyA, 2007). Se selecciona un punto en un tramo homogéneo del río, quebrada o manantial para recolectar la muestra, es decir, una parte donde haya mezcla. La botella se sumerge en el agua con el cuello hacia abajo, hasta una profundidad de 15 a 30 cm, con el fin de evitar los desechos flotantes, e inmediatamente se endereza colocando el cuello hacia arriba y la boca contra la dirección de la corriente, con el propósito de evitar que el agua toque la mano antes de entrar en la botella. Cuando no existe corriente, la botella se empuja horizontalmente a través del agua siguiendo las instrucciones anteriores, (AyA, 2007).

Al seleccionar los puntos de muestreo, cada sitio debe ser considerado individualmente. Sin embargo, en la mayoría de los casos pueden aplicarse ciertos criterios generales, los puntos de muestreo deben ser seleccionados de manera tal que, las muestras sean representativas de las diferentes fuentes que abastecen al sistema; estar distribuidos uniformemente a lo largo del sistema; y escogerse, generalmente, de manera que las muestras sean representativas del sistema en su conjunto, en este caso una microcuenca, y de sus principales componentes, (AyA, 2007).

3.2. Autodepuración

La autodepuración de las aguas es un conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar en el curso del agua de modo natural y que provocan la destrucción de materias extrañas e incorporadas al flujo, y son principalmente, bacterias aerobias, que consumen materia orgánica con ayuda del oxígeno disuelto en el agua. Además, hay que añadir las plantas acuáticas, que asimilan algunos componentes en forma de nutrientes, así como mediante otros procesos fotoquímicos, (Structuralia, 2017).

3.2.1. Capacidad de autodepuración

La capacidad de autodepuración de un río dependerá de los siguientes tres aspectos: el caudal, que permitirá diluir el vertido y facilitar su posterior degradación, la turbulencia del agua, que aportará oxígeno diluido al medio, favoreciendo la actividad microbiana y, la naturaleza y tamaño del vertido que se haya producido a lo largo de su curso, (Monte Rojas, 2013).

3.2.2. Velocidad de Autodepuración

La velocidad de autodepuración depende de:

- Movimiento del agua: a mayor velocidad mayor autodepuración, ya que se oxigena más rápidamente.
- Profundidad: a más profundidad, menos autodepuración debido a la escasez del oxígeno disuelto vertical.
- Superficie: cuando mayor sea la superficie, mayor será el contacto con el oxígeno del aire y será mayor la transferencia de masa aire/agua.
- Presencia o ausencia de compuestos tóxicos para los microorganismos.

3.2.3. Mecanismos de la autodepuración de un río

3.2.3.1. Zona de degradación.

Se produce al incorporarse agua residual al río, dando lugar a la presencia principalmente de sólidos suspendidos, turbiedad, se incrementa la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), comienza la biodegradación por parte de la flora microbiana y hay reducción de oxígeno; por lo que se altera el entorno ecológico de las formas de vidas más delicadas.

3.2.3.2. Zona de descomposición activa

Aparecen aguas sucias, ennegrecidas, con espumas, malolientes y existe una descomposición anaerobia que provoca un desprendimiento de gases.

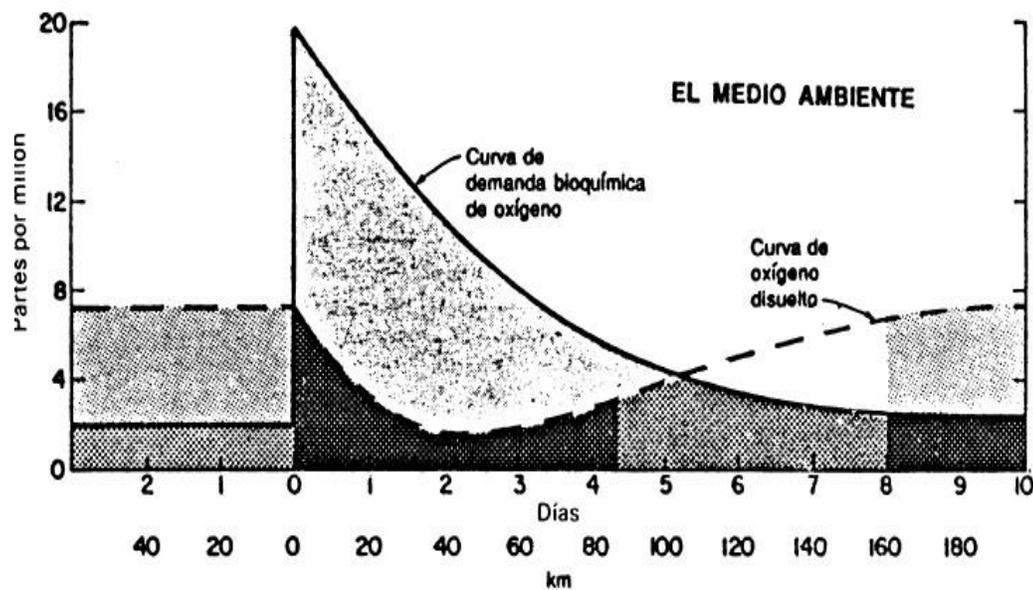
3.2.3.3. Zona de Recuperación

Reaparecen los vegetales y el agua se clarifica; todo ello debido a la presencia de oxígeno disuelto o procedente de la actividad fotosintética de los vegetales, que ayuda a degradar los compuestos contaminantes.

3.2.3.4. Zona de Aguas Limpias

Se restauran las condiciones de oxígeno disuelto originales de la corriente, puede incluso ser cercana a la concentración de saturación, mientras la flora y la fauna se desarrollan de forma normal, (Monte Rojas, 2013).

Figura N°1 Curva de Oxígeno Disuelto y Curva de Demanda Química de Oxígeno



Fuente: Bartscha e Ingram.

3.3. Factores que determinan la calidad del agua

La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico-químicos tales como pH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de fertilizantes. Los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores, pues ellos depositan residuos en el agua y añaden toda clase de

sustancias y de contaminantes que no están presente de forma natural, (LAFUENTE, 1969).

3.4. La Contaminación del Agua

Las heces de los animales y/o hombres siguen siendo factores de riesgo para la contaminación del agua provocando diversas enfermedades en la salud de la población es muy importante realizar una prevención y control sanitario para mantener salubres a una determinada población, (Aurazo, 2004).

➤ La Contaminación por Actividades Humanas

El uso frecuente de los detergentes domésticos, productos químicos que son vertidos a los cauces de los ríos, lagos y mares son los contaminantes más frecuentes causando daños ambientales a los ecosistemas de los cuerpos de agua como son los ríos, manantes, lagos y lagunas, (Aurazo, 2004).

➤ La Contaminación por Actividades Agrícolas

Las actividades agrarias están contaminando los cuerpos de agua a través de los usos frecuentes agroquímicos como, insecticidas, herbicidas y plaguicidas en todas las actividades agrícolas estos elementos químicos después de usarlos aumentan las sales en el suelo ocasionando la desertificación de los terrenos ocasionados por el incremento del pH y los contenidos del compuesto químico del bicarbonato disminuyan y aumenten la salinización de los suelos, (Contreras, 2013).

3.4.1. Fuentes puntuales y no puntuales de Contaminación del Agua

Todo cambio en la calidad del agua natural implica contaminación, está en el medio acuático y significa la introducción por parte del hombre, ya sea de manera directa o indirecta, de sustancias o energía (calor) que producen efectos nocivos, entre ellos, daños a los recursos vivos, riesgos para la salud humana y deterioro de la calidad del agua en relación con los usos destinados, (Keyli, 1999).

La contaminación puede proceder de fuentes puntuales y no puntuales. La primera está asociada a las actividades en que el agua residual va a parar directamente a las

masas de agua receptoras, la fuente puntual significa todo medio de transporte perceptible, delimitado y discreto, por ejemplo, tubería, acequia, canal, túnel, conducto, pozo, fisura discreta, contenedor, material rodante, actividades concentradas de alimentación animal, o buque u otro medio flotante, desde el cual se descarguen o puedan descargar contaminantes, (Ongly, 1997).

Por el contrario, la fuente no puntual es el resultado de un amplio grupo de actividades humanas en las que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que los reciben. Los contaminantes, cualquiera que sea la fuente, se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua de lluvia, (Foster, 2003). Ejemplos de estas fuentes son las áreas de cultivo y pastoreo del ganado y los tanques sépticos.

3.5. Uso de la tierra y su relación con la calidad del agua

Los cambios en el uso de la tierra sobre la calidad del agua han sido ampliamente comprobados, éstos provocan alteraciones en los regímenes hídricos, cambios dramáticos de la calidad y cantidad del agua, especialmente al uso potable. Las prácticas de manejo en el uso de la tierra tienen una influencia muy fuerte en la calidad y cantidad del agua, (Mittchel, 1991).

Se dice que el 80% del deterioro de la calidad del agua, se debe a sedimentos suspendidos, en su mayoría provenientes de la erosión de suelos como producto de presencia de urbanizaciones, deforestación, actividades agrícolas y ganaderas, siendo este tipo de actividades las que mayor impacto causa en la calidad del agua, (Mittchel, 1991).

El uso de la tierra tiene efectos sobre los procesos hidrológicos y de sedimentación, y está relacionada con la escorrentía, inundaciones, recarga de agua subterránea, erosión y carga de sedimentos, (Mittchel, 1991).

El tamaño de los granos del suelo, su ordenamiento y su contenido de materia orgánica son factores íntimamente ligados a la capacidad de infiltración y de retención de humedad, por lo que el tipo de suelo predominante en la cuenca, así como su uso,

influye de manera notable en la magnitud y distribución de los escurrimientos, (Mittchel, 1991).

Los impactos de las prácticas del uso de la tierra se pueden agrupar en dos categorías: impactos sobre los valores de uso y valores de no uso, los valores de uso pueden ser consuntivos, por ejemplo, el riego y el uso doméstico, y no consuntivos, como el transporte. Las masas de agua y las zonas de ribera pueden tener también valores de usos no significativos, por ejemplo, como almacén de biodiversidad, (Mittchel, 1991).

La incertidumbre existente en las relaciones entre las actividades del uso de la tierra en la cuenca alta y los impactos sobre los usuarios de los recursos de la cuenca baja, crea a su vez una incertidumbre en los valores económicos, (Mittchel, 1991).

3.6. La actividad ganadera y su relación con la calidad del agua

La ganadería es una de las prácticas de uso de la tierra más comunes, con impactos sobre la calidad del recurso hídrico. Cuando se da un sobrepastoreo, es un efecto muy negativo desde el punto de vista bacteriológico y químico, (Brooks, 1991).

Generalmente este efecto se observa en lugares de alta precipitación, fuertes pendientes, cercanos a fuentes de agua, los contaminantes provenientes de estas áreas son arrastradas con facilidad y rapidez hacia los cuerpos de agua. El impacto más significativo se da en el caso de que estas fuentes hídricas estén desprovistas de cobertura vegetal que les dé protección, o la ausencia de una zona de amortiguamiento, ya que estas corrientes arrastran microorganismos patógenos, nutrientes y sólidos suspensos, (Brooks, 1991).

Los incrementos de bacterias en el agua se evidencian cuando el ganado pasta en áreas muy cercanas a las fuentes de agua, en un estudio realizado, la cantidad de bacterias en el suelo fue en función del tipo y del número de ganado, y la forma en que los desechos fueron tratados o almacenados, (Brooks, 1991).

Asimismo, la contaminación de las aguas superficiales por nutrientes provenientes de áreas de pastoreo afecta la calidad del agua, (Wagner, 1996). Es por ello que un

efecto sobre la calidad del agua se da por la intensidad del sobrepastoreo, ya que afecta la densidad del suelo, con el incremento del pisoteo, de tal forma que, al ocurrir una lluvia o riego, la capacidad de almacenamiento del suelo es superada fácilmente, e inevitablemente ocurrirá arrastre de nutrientes por efecto de la escorrentía y lixiviación a las fuentes de agua. Se ha estimado que en áreas de ganadería con 1% de pendiente basta con 8t de peso seco por ha. de estiércol para que las aguas superficiales sean enriquecidas por nitrógeno y fósforo, (Vidal, 2000).

Los factores que controlan y disminuyen los efectos de la contaminación por el estiércol están íntimamente relacionados a la capacidad de absorción de los cultivos al nitrato y la capacidad de absorción del amonio por parte del suelo. Siendo afectada esta última por la compactación del suelo, lo que provoca una baja liberación de amonio en el suelo y seguido por el transporte a las fuentes de agua mediante la escorrentía, (Vidal, 2000).

3.7. La Agricultura y su Influencia en la Calidad del Agua

La agricultura constituye una de las actividades más practicadas en el mundo, particularmente en áreas rurales y su impacto sobre la calidad del agua es de mucha importancia, y aproximadamente el 70% de los recursos hídricos del mundo son usados por la agricultura, lo cual significa el principal factor de la degradación de éstos, como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química, (Mendoza, 1996).

Según Ongley (1997), la agricultura es el mayor usuario del agua dulce a escala mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, debido a la erosión y la escorrentía con productos proveniente de agroquímicos. Esto justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua a escala mundial.

La agricultura tiene un fuerte impacto sobre el ambiente, especialmente sobre las condiciones de las aguas superficiales y subterráneas, es considerada como una fuente importante de contaminación en las aguas dulces de América Latina. Las principales

fuentes agrícolas contaminantes la constituyen los fertilizantes, pesticidas y la ausencia del manejo de desechos sólidos.

La agricultura no es solamente el mayor consumidor de los recursos hídricos, sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación sus efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes, productos agroquímicos que también contribuyen al deterioro de su calidad, (Mendoza, 1996).

3.8. Procesos que afectan la Calidad del Agua

Existen procesos y actividades que se dan en las subcuencas derivadas de los usos actuales, que causan efectos en la calidad del agua dentro de los más importantes están:

- Existe una sobreutilización de productos agroquímicos en áreas pequeñas, lo que está contribuyendo al deterioro de los suelos y, por consiguiente, a la contaminación de las fuentes superficiales.
- No existe un manejo ni conocimiento en la disposición de los desechos sólidos provenientes, tanto de las actividades agrícolas como de las domésticas, que tienen como destino final el cauce del río.
- La compactación de los suelos comprende procesos que afectan principalmente sus características físicas y constituyen una de las causantes de los procesos de erosión hídrica. También modifican la capacidad de infiltración y alteran el escurrimiento superficial. Cuando el escurrimiento es rápido por no existir cobertura vegetal ni trabajo de conservación de suelos no hay infiltración adecuada y como consecuencia el caudal de los nacimientos baja considerablemente en perjuicio de los habitantes que abastece.

En las cuencas hidrográficas existen relaciones recíprocas entre el agua, vegetación y el suelo, las cuales al ser alteradas o modificadas por la acción del hombre provocan

cambios en su sistema hidrológico que pueden ser apreciados a través de su régimen de caudales y su respuesta hidrológica, (Cordoba, 2002).

El uso de la tierra es uno de los factores que más influyen en la escorrentía de un área; si una cuenca posee una cobertura vegetal adecuada sobre el suelo, la lluvia no impactará directamente en el mismo, entonces no sólo habrá una alta intercepción sino que la escorrentía llegará a los canales de drenaje en forma lenta y sin mayor arrastre de sedimentos, (Cordoba, 2002).

3.9. Cuerpo de agua

Arroyos, ríos, lagos y acuíferos, que conforman el sistema hidrográfico de una zona geográfica.

3.10. Parámetros Físicos del Agua

3.10.1. Temperatura

Es un estimador simple de los sólidos en suspensión y se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión en tal medida que interfiere con el paso de la luz a través del agua. A mayor penetración de la luz solar en la columna de agua, es menor la cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna de agua y viceversa, (Metcalf, 1995).

3.11. Parámetros Químicos

3.11.1. pH o Potencial de Hidrógeno

El potencial de hidrógeno (pH) es un valor que determina si el agua es ácida, neutra o básica, si estos valores son menores de 7 indican que es una sustancia ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica, y neutra si el número de los átomos de hidrógeno y de oxidrilos son iguales (Ebbing, 1990). El pH es un parámetro que mide la calidad de las aguas naturales como de las aguas residuales, la intensidad de las características ácidas y básicas de una solución bien dada por la acción del ion hidrógeno o pH. (Metcalf, 1995).

3.11.2. Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno es un oxidante que se encuentra en la atmósfera y juega un papel muy importante en las reacciones de oxidación-reducción acuosas, así como también en la respiración microbiana. Un método analítico para su determinación es el yodométrico de Winkler (U.S.G.S., 2006), Se mide en porcentaje de saturación del oxígeno disuelto a una determinada temperatura del agua y altura del sitio de muestreo. La solubilidad del oxígeno depende de la presión atmosférica a una temperatura dada, así, en el verano cuando las temperaturas son altas, su solubilidad es menor en comparación con el invierno (A.P.H.A., 1995), este parámetro es un indicador de la capacidad de un cuerpo de agua para mantener la vida acuática.

Cuadro N° 4 Saturación de Oxígeno Disuelto con Relación a la Temperatura

| Temperatura (°C) | Oxígeno Disuelto (mg/l) | Temperatura (°C) | Oxígeno Disuelto (mg/l) |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 0 | 14,16 | 16 | 9,56 |
| 1 | 13,77 | 17 | 9,37 |
| 2 | 13,40 | 18 | 9,18 |
| 3 | 13,05 | 19 | 9,01 |
| 4 | 12,70 | 20 | 8,84 |
| 5 | 12,37 | 21 | 8,68 |
| 6 | 12,06 | 22 | 8,53 |
| 7 | 11,76 | 23 | 8,38 |
| 8 | 11,47 | 24 | 8,25 |
| 9 | 11,19 | 25 | 8,11 |
| 10 | 10,92 | 26 | 7,99 |
| 11 | 10,67 | 27 | 7,86 |
| 12 | 10,43 | 28 | 7,75 |
| 13 | 10,20 | 29 | 7,64 |
| 14 | 9,98 | 30 | 7,56 |
| 15 | 9,76 | 31 | 7,42 |
| 15 | 9,76 | 32 | 7,32 |

Fuente: Bain y Stevenson, 1999.

3.11.3. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias durante cinco días a 20 °C. Se define como la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial, antes de la incubación, y el remanente después de cinco días de incubación a 20 °C. La prueba es una de las más importantes en el control de actividades contaminantes en ríos, (A.P.H.A., 1995).

3.11.4. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Es la Cantidad de oxígeno necesario para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica, se mide en mg/l. Se determina en laboratorio por un proceso de digestión en un lapso de 3 horas, usando como oxidante el dicromato de potasio.

3.11.5. Sólidos Disueltos Totales o Salinidad

Los Sólidos Disueltos Totales es el total de sales disueltas y se puede expresar en mg/l, g/m³ o ppm (mg/l), el hecho de que el agua tenga sales en disolución, hace que ésta sea conductiva a la electricidad, así un agua con muchas sales, es muy conductiva y la medida de la conductividad nos permite evaluar de una forma rápida la salinidad del agua.

Las sales más frecuentes en el agua son las de calcio, magnesio y sodio, en aguas no salobres, el 90 % del contenido de sales en el agua, son por presencia de calcio y magnesio; además, dicho calcio y magnesio son molestos en la utilización del agua.

La salinidad del agua es contenido total de sales, así la cantidad de cloruro sódico es una parte de esta salinidad y la dureza del agua (sales de magnesio y calcio) es otra parte de la salinidad del agua, (Sawyer & McCARTY, 2001).

3.11.6. Nitrógeno Total

El nitrógeno (N) se presenta en las siguientes formas: nitrito (NO₂--N), nitrato (NO₃--N) y amonio (NH₄+N), entre otros. Este ciclo es sumamente dinámico y complejo, sobre todo los procesos microbiológicos responsables de la mineralización, fijación y

desnitrificación del nitrógeno de los suelos, por lo que el ritmo del mismo depende de factores como la humedad del suelo, la temperatura y el pH (Ongly, 1997).

3.11.7. Fósforo Total

Los compuestos que contienen fósforo (P), tales como los fosfatos y nitrógenos son bionutrientes, es decir, sustancias necesarias para el crecimiento vegetal (OROZCO, 2005). El exceso de fosfatos causa la eutrofización, la cual provoca un incremento incontrolado de floraciones algales de cianobacterias que producen toxinas en el organismo que las ingiere, y una drástica disminución de oxígeno disuelto en el agua, (SHARPLEY, 2003).

3.12. Importancia del oxígeno disuelto en el proceso autodepurativo

El oxígeno se convierte en un elemento clave para el proceso de autodepuración, la literatura evidencia que “una evaluación cuantitativa del contenido de oxígeno en un curso de agua es sinónimo de una descripción completa de la evaluación de su proceso de autodepuración” (MOLERO FERNANDEZ, 2011), este establece por medio de un balance en el cual implica un aporte dado por actividades de re-aireación, la cual se define por la incorporación de oxígeno de la atmósfera a la corriente del río (P. Salles, 2006) y la fotosíntesis; y disminución por la respiración y la biodegradación, el análisis se realiza a través de las velocidades de consumo y de producción en donde un exceso en el consumo trae consigo una disminución en la vida de los organismos.

Esta propiedad se ve afectado por múltiples factores, debido a que ésta presenta una alta sensibilidad gracias a la baja solubilidad en el agua, por ejemplo, la temperatura y las sales, influyen en dicha solubilidad.

La presencia de detergentes e hidrocarburos impiden la absorción del oxígeno en el líquido impidiendo la entrada de luz y la función clorofílica, además, la existencia de concentraciones de materiales tóxicos ocasiona muerte de especies, la disminución de la fotosíntesis y afectaciones en el pH del agua.

3.13. Índice de Prati

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

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el investigador italiano, desarrolló una fórmula para la variable de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno que, transformada, es usada para definir clases de calidad.

Propuso en 1971 un índice para las aguas superficiales, también llamado implícita contaminación Índice de Prati, basado en los sistemas de clasificación de calidad del agua utilizada en varios países europeos y algunos estados de Estados Unidos.

Los investigadores observaron el índice como una posible herramienta para hacer un inventario comparativo de la calidad del agua en diferentes regiones o países.

El índice de “Prati” permite trasladar información de concentraciones de las variables de mayor importancia en la valoración de contaminación orgánica de una corriente de agua a un índice que permita evaluar los grados de contaminación de fuentes de agua superficiales.

3.14. MARCO LEGAL

3.14.1. Constitución Política del Estado

Según los artículos 373 y 376 se establece lo siguiente:

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 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 parte 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.

3.14.2. Según Ley 1333 Del Medio Ambiente

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 impacto en todos los sectores vinculados al desarrollo, por lo que su protección y conservación es tarea fundamental del Estado y la sociedad.

3.14.3. Reglamento en Materia De Contaminación Hídrica

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 aplicará a toda persona natural o colectiva, pública o privada, cuyas actividades industriales, comerciales, agropecuarias, domésticas, recreativas y otras, puedan causar contaminación de cualquier recurso hídrico.

De la Clasificación de Cuerpos De Aguas

Artículo 4°.

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.

Artículo 6°.

Se considera como Parámetros Básicos, los siguientes: DBO₅; DQO; Colifecales NMP; Oxígeno Disuelto; Arsénico Total; Cadmio; Cianuros; Cromo Hexavalente; Fosfato Total; Mercurio; Plomo; Aldrín; Clordano; Dieldrín; DDT; Endrín; Malatión; Paratión.

Cuadro N° 5 Clasificación de los Cuerpos de Agua Según su Aptitud de uso

| ORDEN | USOS | CLASE “A” | CLASE “B” | CLASE “C” | CLASE “D” |
|----------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | Para abastecimiento doméstico de aguas potable después de: | | | | |
| | a) Sólo una desinfección y ningún tratamiento. | SÍ | NO | NO | NO |
| | b) Tratamiento solamente físico y desinfección. | No necesario | SÍ | NO | NO |
| | c) Tratamiento físico-químico completo; coagulación, floculación, filtración y desinfección. | No necesario | SÍ | NO | NO |
| | d) Almacenamiento prolongado o presedimentación; seguidos de tratamiento, al igual que c) | No necesario | No necesario | No necesario | SI |
| 2 | Para recreación de contacto primario; natación, esquí, inmersión. | SÍ | SÍ | SÍ | NO |
| 3 | Para protección de los recursos hidrobiológicos. | SÍ | SÍ | SÍ | NO |
| 4 | Para riego de hortalizas consumidas crudas y fruta de cáscara delgada, que sean | SÍ | SÍ | NO | NO |

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

Fuente: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

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

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

(**) No a navegación a motor.

(***) No aplicable a acuíferos.

Cuadro N° 6 Valores Máximos Admisibles en cuerpos receptores

| Parámetros | Unidad | Clase "A" | Clase "B" | Clase "C" | Clase "D" |
|------------------|--------|------------------|-------------|-------------|-------------|
| pH | | 6,0 a 8.5 | 6,0 a 9.0 | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 9,0 |
| DBO ₅ | mg/l. | <2 | <5 | <20 | <30 |
| DQO | mg/l. | <5 | <10 | <40 | <60 |
| Oxígeno Disuelto | mg/l. | >80% sat | <50 | <100 | <200 |
| Turbidez | UNT. | <10 | <50 | <100 | <200 |
| Fosfato Total | mg/l. | 0,4 c. Orthofosf | 0,6-1,7 c.F | 0,6-1,7 c.F | 0,6-1,7 c.F |
| Nitrógeno Total. | mg/l. | 5 c. N | 12 c. N | 12 c. N | 12 c. N |

Fuente: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

3.14.4. Norma Boliviana Nb 496: Agua Potable Toma de Muestras.

➤ Introducción

La determinación de los parámetros físicos-químicos, bacteriológicos y radiológicos de caracterización del agua potable, son esenciales para el control de la calidad y permiten garantizar la salud pública; la actividad de muestreo y las frecuencias de control, deben ser confiables y representativas, siendo una de las etapas más importantes dentro del proceso de control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

➤ Objeto

Esta Norma establece las condiciones y frecuencias necesarias para llevar a cabo el muestreo representativo de agua potable para ser sometida a análisis físicos, químicos, bacteriológicos y radiológicos y determinar su calidad.

➤ Campo de Aplicación

El campo de aplicación de esta norma comprende los sistemas de agua potable en los cuales se realizará el muestreo para la caracterización, el control y la vigilancia de la calidad del agua potable.

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

4. Descripción del Área De Estudio

La Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía, fue creada mediante Decreto Supremo N° 22277 del 1 de agosto de 1989 y elevada a rango de Ley de la República N° 1328 el 23 de abril de 1992 y cuenta con una extensión de 246 870 has. Forman parte de la reserva las provincias Arce, O'Connor, Cercado y Gran Chaco. (SERNAP, 2002).

Mapa N° 1 Ubicación Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia.

- LATITUD:
21° 45' y 22° 20' S.
- LONGITUD
64° 05 y 64° 36' W.

Los objetivos de su creación fueron: proteger la flora y fauna del área, regular los caudales hídricos en las cuencas de los ríos Bermejo y Grande de Tarija y planificar el uso racional, sostenido y sistemático de los recursos naturales renovables existentes en el área y la principal misión del área es la de conservar una muestra representativa de la biodiversidad en la formación tucumana - boliviana.

Las condiciones climáticas del área son muy variadas, produciéndose microclimas entre zonas cercanas; la precipitación y la temperatura difieren según la altitud y relieve; el rango altitudinal oscila entre los 500 y 3.500 m.s.n.m, la precipitación promedio anual es de 700 a los 2000 mm.

En las montañas del Oeste predomina el clima frío a templado con temperaturas medias anuales de 10 a 15°C; en la parte central el clima es templado a cálido con temperaturas medias anuales de 20 a 22°C y lluvias que varían entre los 900 a los 1200 mm. anuales concentradas entre los meses de septiembre a mayo.

La Reserva corresponde a la cuenca del Plata (provincias fisiográficas de la Cordillera Oriental Sur). Los mayores componentes de esta cuenca son los ríos Orozas, Chiquiacá y Grande de Tarija a los que agregan sus respectivos afluentes.

Respecto a la vegetación se ha determinado la presencia de 609 especies de plantas distribuidas en 135 familias y 382 géneros. Las familias mejor representadas son las leguminosas, mirtáceas, lauráceas y sapindáceas, entre las arbustivas se destacan las compuestas, solanáceas y melastomatáceas, dentro las especies no arbóreas están las bromeliáceas, orchidáceas y helechos, (Paniagua 1999). Según estudios realizados, en la Reserva se encontraron 58 especies de mamíferos y 241 especies de aves y una variedad de peces y reptiles.

4.1. Clima

Las características climáticas en la Reserva, se encuentran dominadas por efectos topográficos de las serranías que la caracterizan, por ejemplo, la serranía que separa el área protegida del valle seco de Tarija (Cordillera Oriental) en el extremo oeste de

la reserva y otras; modifican la circulación general de los vientos tropicales y subtropicales en altura.

Las variaciones climáticas en la Reserva son más pronunciadas en el día que en la noche, durante la época seca se presentan cambios más drásticos denominándose baja térmica, producida por el calentamiento de la superficie al Este de los Andes, donde las temperaturas llegan a sobrepasar los 47°C, formando el polo de calor que comprende la región del Chaco.

Los frentes fríos se presentan con regularidad y vienen acompañados de lluvias a veces intensas. Reemplazan el aire caliente e inestable con aire fresco y se reinicia el ciclo: "surazos"; que, en invierno, aun cuando existe la baja térmica con condiciones de humedad y temperaturas favorables para la precipitación, las estabilidades de las capas superiores de la atmósfera impiden el desarrollo vertical, aumenta la velocidad y sequedad de los vientos en altura, que desplaza los topes de los cúmulos, imposibilitando la formación de precipitación, (SERNAP, 2002).

4.2. Fisiografía

La Reserva de Flora y Fauna de Tariquía se caracteriza por la presencia del bloque Andino hacia el oeste, con serranías altas y bajas de orientación predominantemente norte-sur, como moderadamente disectadas, accidentadas y con valles angostos. Las altitudes varían desde 500 m.s.n.m. en la parte subandina, 3430 m.s.n.m. en el extremo oeste. Por sus características está influenciada por formaciones montañosas bajas a medianas, por un clima regional estacional y por sistemas ecológicos determinados por la mezcla de elementos biogeográficos amazónicos y chaqueños, (SERNAP, 2002).

4.3. Suelos

La característica principal de los suelos de la Reserva es que estos son pedregosos a rocosos, con escaso material fino en zonas altas, tanto en la zona central y este, son muy variables, encontrándose suelos arenosos, limosos y arcillosos pasando por todas las texturas intermedias. En la parte Noroeste los suelos presentan diferencias

estructurales de acuerdo a su ubicación y formación; dentro del valle, van desde arenosos (en lugares menos desarrollados) hasta terrazas aluviales jóvenes, en el pie de monte se encuentran suelos más desarrollados: franco, franco-arcillosos, franco-limosos; y suelos muy arcillosos en lugares con mayor altura.

Los suelos tienen una alta relación con el relieve y la forma del paisaje. Los correspondientes a la Cordillera Oriental son generalmente superficiales, de texturas gruesas y de baja fertilidad; son tierras frágiles por fuertes procesos de erosión natural debido a la pendiente y la escasa cobertura vegetal. Predominando en la zona las asociaciones de leptosol-cambisol y Phaeozem, según la clasificación de suelos de la FAO. El uso está restringido a pequeñas parcelas de cultivos de altura y principalmente al pastoreo de ovinos, caprinos y vacunos.

En la unidad fisiográfica del Subandino, las características del suelo son variables y diversas, a mayor pendiente se presentan suelos superficiales y poco fértiles, mientras que según la pendiente disminuye se encuentran suelos con mejor condición de profundidad y fertilidad. Según la clasificación de la FAO predominan la asociación Leptosol-Phaeozem y Cambisol-Phaeozem, (SERNAP, 2002).

Cuadro N° 7 Tipos de suelo y sus características según la unidad fisiográfica

| Cordillera Oriental | | | |
|---------------------|-----------|---|--|
| Paisaje | Pendiente | Características del suelo. | Tipo de suelo. Clasificación de la FAO |
| Montaña | 30-90% | Suelos superficiales, generalmente muestran signos de erosión laminar moderada y en algunos severa en cárcavas. Textura franco arenosa con pocos a abundantes fragmentos gruesos. Los suelos no son calcáreos pH entre 4.8 y 7.9. Los contenidos de materia orgánica son bajos a medios, la disponibilidad de nutrientes es baja. | Consociación Phaeozem; Asociación Leptosol Cambisol Regosol; Asociación Leptosol Phaeozem |
| Serranías | 30-60% | Suelos de superficiales a profundos, bien drenados, frecuentemente se observa erosión laminar, la textura varia de franco arcillosa a franco arenosa, el pH varía de 5,5 a 7,5, la disponibilidad de nutrientes es de baja a media. | |

| | | |
|-----------|---------|--|
| Colinas | 15-90% | Suelos superficiales a moderadamente profundos, con erosión laminar y surcos. Son bien drenados de textura franco arcillosa, con contenidos bajos de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes baja a media. |
| Planicies | 2 - 30% | Suelos superficiales a profundos. pH varía de 6 a 9, textura franca, franca arcillosa, a franca arenosa y el contenido de nutrientes y materia orgánica es bajo. |

Fuente: AGROSIG 2003.

| Subandino | | | |
|-----------|-----------|---|--|
| Paisaje | Pendiente | Características | Tipos de suelo Clasificación de la FAO |
| Serranías | 15-90% | Suelos superficiales a profundos, de bien drenados a excesivamente drenados, con erosión hídrica ligera a moderada. La textura varía de | Asociación Cambisol-Calcisol; Asociación Cambisol-leptosol; |

| | | | |
|-----------|----------|---|--|
| | | franco arenosa a arenosa francosa. pH de 5,5, 8 y la disponibilidad de nutrientes de moderada a baja. | asociación Cambisol-Lixisol; Asociación |
| Colinas | 15 – 60% | Los suelos son moderadamente profundos a profundos, se caracterizan por una erosión ligera a moderada, tanto laminar como en surcos, son bien a moderadamente drenados y la textura varia de franco arenosa a franco arcillo arenoso. El pH varía de 6 a 8.5 no son salinos ni sódicos y la disponibilidad de nutrientes es moderada a baja. | Cambisol- Phaeozem, Asociación Cambisol- Phaeozem, Leptosol; Asociación Fluvisol-Cambisol; Asociación Cambisol-Fluvisol Asociación |
| Planicies | 5-10% | Los suelos se desarrollaron a partir de sedimentos coluviales y presentan incremento arcilla en los horizontes subsuperficiales. Son muy profundos marcados por la erosión laminar y el drenaje es de ligero a imperfectamente drenado, la textura es franco arcilloso y son suelos no calcareos, con pH entre 6 a 7, la disponibilidad de nutrientes | Regosol-Cambisol, Asociación Lixisol-Cambisol, Asociación Greyzem-Lixisol Asociación Phaeozem- Cambisol Consociación |

| | | | |
|-------------|------------|--|----------|
| | | es moderada. | Fluvisol |
| Valles | Menor a 5% | Los suelos son profundos bien drenados marcados por erosión laminar ligera, de color pardo en los horizontes superficiales por la presencia de materia orgánica, texturas franco arenosas a franco arcillosas y el pH varía de 5,4 a 7,5 y la disponibilidad de nutrientes varía de moderada a baja. | |
| Piedemontes | 2 – 5% | Suelos moderadamente profundos y muy profundos, muestran erosión ligera a moderada. Son bien drenados, pardo oscuro, con texturas franco arcillosas a franco arenosos y la estructura es en bloques subangulares o migajosa, son suelos no calcáreos con pH variable de 6 a 8. | |

Fuente: AGROSIG 2003.

4.4. Flora

La vegetación natural forma parte de los dominios Amazónico, Andino y Chaqueño. El dominio Amazónico está representado por especies como palo barroso, laurel, cedro, gua yabilla, laurel del monte, tipa blanca entre otras, formando los bosques subhúmedos que corresponden a la selva ucumano-boliviano del piso ecológico submontano desde aproximadamente los 1.000 hasta 1.800 m.s.n.m. con formaciones boscosas de lauraceas, bosques de mirtáceas, abarcando parcialmente el piso montano.

Al dominio Andino representan: queñua, pino del cerro, varias especies de los géneros Eupatorium, Bacharis y Stipa, formando arbustales y pastizales que se localizan aproximadamente a partir de los 2.000 m.s.n.m. en el extremo Oeste, en los paisajes de la Cordillera Oriental.

El dominio Chaqueño se encuentra representado por especies como algarrobo blanco, poisson, perilla, mara chaqueña, mezclados con especies transicionales como cebil colorado, cebil blanco, formando parte de la composición florística de los bosques del extremo Sudeste desde los 500 hasta los 1.000 m.s.n.m. aproximadamente, son bosques transicionales entre los subhúmedos y los secos del Chaco Serrano; y los matorrales con árboles emergentes en las proximidades de Río Negro, La Mamora, La Merced, en el límite inferior del piso montano en la Cordillera Oriental, (SERNAP, 2002).

4.5. Fauna

En Bolivia se han reportado 320 especies nativas de mamíferos (Anderson 1997), de las cuales 150 estarían presentes en el departamento de Tarija y en diferentes etapas se realizaron estudios de la fauna silvestre, en la RNFF Tariquía teniendo registros de 58 especies de mamíferos (18% del total del País y 40% del total de mamíferos de Tarija).

El Área Protegida se caracteriza por la presencia de especies que están amenazadas en Bolivia, como el jucumari (*Tremarctos ornatus*), león o puma (*Puma concolor*), la

taruca o venado andino (*Hippocamelus antisensis*), tigre o jaguar (*Panthera onca*), el taitetú (*Tayassu tajacu*), el mono silbador (*Sapajus apella*), mayuatos o comadreja (*Procyon cancrivorus*), jochi (*Dsyprocta punctata*).

5. MATERIALES

5.1. Materiales de Campo.

- Cámara fotográfica.
- GPS.
- Libreta.
- Bolígrafo.
- Hielo.
- Conservadora.
- Envases para el muestreo.
- Etiquetas para identificación de las muestras.
- Marcador.
- Cinta Adhesiva.

5.2. Materiales de escritorio.

- Computadora.
- Impresora.
- Útiles de oficina.

6. METODOLOGÍA

6.1. Tipo De Investigación

El presente trabajo, de acuerdo con el propósito de investigación a realizar es de tipo Cuantitativa. Se trabajará sobre la medición de parámetros correspondientes al área de estudio.

6.2. Métodos

Observación Científica.

Observar es aplicar atentamente los sentidos a un objeto o a un fenómeno, para estudiarlos tal como se presentan en realidad, puede ser ocasional o causal. En la investigación se observará de manera detallada, parámetros puedan ser de interés, como posibles puntos de contaminación en las zonas de muestreo.

Método Inductivo.

La acción y efecto de extraer, a partir de determinadas observaciones o experiencias particulares, el principio particular de cada una de ellas, se observará si las aguas contaminadas que ingresan a territorio de la Reserva, permanecen de esta manera al salir de ella.

Método Lógico.

Este método me permite partir desde los antecedentes, llegar a las consecuencias del problema objeto de estudio, permitiendo que los datos y hechos sean estructurados de manera lógica, desde lo más sencillo a lo más complejo con la aplicación de los instrumentos de investigación y la interpretación con el análisis lógico de los resultados, entonces e buscará información secundaria como análisis, auditorias, estudios de conservación de la reserva, para que esta pueda servir de base a la investigación.

Método Hipotético-Deductivo.

Este método es fundamental en la medida que dirige el proceso investigativo, las hipótesis que se planteó permitió relacionar la investigación empírica y viabilizan la formulación del sistema de conclusiones, y con los resultados que se determinen de las muestras de agua a realizar se validará o rechazará la hipótesis planteada en el trabajo de investigación.

Observación:

Se hará en el área geográfica a desarrollarse la investigación, de manera que pueda estar en contacto directo con el problema tratado y palpar de primera mano la realidad, características y comportamiento del mismo, acudiendo al área de estudio para tener un mejor conocimiento de la situación que se presenta en la misma.

Recolección Bibliográfica:

Será necesario recurrir a documentos varios y archivos para alimentar la información respecto a mi trabajo investigativo y se acudió a documentos como ser auditorias, planes de desarrollo y planes de manejo para la realización del trabajo.

6.3. Técnicas de Recolección de Información

Entre las técnicas a utilizar en nuestra investigación se aplicarán las siguientes:

Recolección de información Primaria

Se obtendrán a través de los análisis de las muestras recolectadas y su posterior análisis en el laboratorio.

Recopilación de Información Secundaria

Se acudirá a estudio realizados con anterioridad como: páginas web, planes de manejo y planes de desarrollo.

7. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño metodológico se ha dividido en 3 fases, para su mejor comprensión:

7.1. Fase De Gabinete

➤ Preparación de Planillas de Muestreo

Para la realización del muestreo se contará con planillas, en las cuales se indicará: Código de la muestra, Departamento, Provincia, Municipio, Localidad, Fecha, Hora y el lugar de toma de la muestra, (Coordenadas geográficas).

➤ Definición del Método de Muestreo

El método a seguir para la recolección de muestras es el detallado en la Norma Boliviana 496 de toma de muestras.

Parámetros a Medir:

Los parámetros a medir en el estudio serán los siguientes:

- Demanda Biológica de Oxígeno.
- Demanda Química de Oxígeno.
- Temperatura.
- pH.
- Salinidad.
- Oxígeno Disuelto.
- Nitrógeno total.
- Fósforo total.

7.2. Fase De Campo

➤ Recolección De Muestras

Para la elaboración del presente trabajo dentro el área de estudio se basó en la Norma Boliviana NB 496 que nos dice: la toma de muestras destinadas al análisis organoléptico, físico-químico, metales pesados, compuestos orgánicos, bacteriológicos y/o radiológico debe ser a través de muestras simples, necesariamente debe ser realizada por una persona experimentada o entrenada para tal fin. Para que los datos recolectados sean confiables, el cual nos indica los procedimientos a seguir.

- Metodología De Muestreo
- Remover la tapa de la botella, teniendo cuidado de no tocar la parte interna ni el cuello del mismo.
- Sostener la botella desde la parte inferior
- Con la boca de la botella contra la corriente, sumerja el frasco con el cuello hacia abajo, dentro del efluente a muestrear.

- Inclinar la botella hasta que el cuello del mismo apunte ligeramente hacia arriba, con la boca del mismo apuntando a la corriente y dejar que el frasco se llene completamente.
- No permita que entren salpicaduras dentro del frasco.
- Tapar el frasco cuidadosamente.
- Etiquetar el frasco inmediatamente.
- Consideraciones del muestreo

Las consideraciones generales a tener en cuenta durante el muestreo se pueden resumir de la siguiente manera:

- Usar envases compatibles con los parámetros que se van a analizar.
- Enjuagar los envases con el agua a muestrear por lo menos dos veces de manera consecutiva.
- Identificar clara e inmediatamente la muestra, pero algunos casos es mejor emplear un número correlativo o una clave que indique la fuente o el lugar de procedencia de la muestra.
- Las muestras se deberán tomar en los sitios de mayor mezcla, o inmediatamente después de ésta, para asegurar la representatividad del agua contenida en el punto de muestreo.
- Evitar tomar las muestras en sitios muy cercanos a la orilla o bordes del cuerpo de agua.
- No recolectar sedimentos o materiales adheridos a la orilla o bordes del cuerpo de agua o superficie del mismo, así como tampoco es recomendable recolectar partículas grandes.
- De preferencia usar solamente recipientes nuevos en la toma de muestras de agua.

- Etiquetado De Muestras

Cada muestra será etiquetada de manera clara con datos correspondientes al punto de muestreo, en el cual se incluirá la siguiente información:

- Código de muestra.
- Departamento.
- Provincia.
- Localidad.
- Ubicación geográfica.
- Fecha y hora de recolección.

- Conservación.

Para evitar que las muestras sufran cambios significativos en su composición, se utilizó hielo, mismo que fue vaciado en las conservadoras para luego colocar la muestra dentro de la misma, luego se cerró la conservadora con cinta, y se procedió a su traslado.

7.3. Fase De Post campo

- Transporte

Luego de la recolección de las muestras, se procedió a su traslado, mismo que en ningún caso superó las 24h, hasta su llegada al laboratorio, este traslado fue realizado de la manera más rápida posible, tomando en cuenta de que algunos puntos de muestreo se encontraban a más de 8h de la ciudad de Tarija, durante el tramo la muestra permaneció en la conservadora con abundante hielo.

- Análisis de Laboratorio

El análisis de laboratorio será realizado por el Centro Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

➤ Elaboración Documento Final

Con los Resultados que se obtengan del análisis fisicoquímico y microbiológico, se procederán a verificar si existe una autodepuración en el cuerpo de agua analizado, como así también de la determinación del tipo y calidad del agua en base a una comparación con nuestro Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica y la identificación de impactos de las poblaciones aledañas al Río Tarija.

7.4. Índice de Prati

De manera complementaria se hizo el cálculo del índice de calidad de Prati para lo cual se utilizaron los siguientes parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), Oxígeno Disuelto (OD). El Índice Prati para la Contaminación Hídrica es expresado en la siguiente ecuación (1):

$$PI = \frac{1}{m} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (Ec 1)$$

Dónde:

m = Número de muestras.

n = Número de parámetros.

X_{ij} = Unidades de Concentración.

Los parámetros que son utilizados en este método, sus valores son transformados a unidades de contaminación mediante el grupo de ecuaciones 2-4 presentadas en el cuadro siguiente y a partir de los resultados obtenidos con las ecuaciones del índice de Prati, las aguas son clasificadas haciendo uso del cuadro N° 9.

Cuadro N° 8 Ecuaciones utilizadas para la determinación del Índice de Prati

| Parámetro | Unidad | Ecuación | N° de ecuación |
|--------------------------------------|--------|----------------------|----------------|
| X= Unidad de contaminación. | | | |
| y=Resultado obtenido en laboratorio. | | | |
| DBO ₅ | mg/l | $x = \frac{y}{1,5}$ | (Ec 2) |
| DQO | mg/l | $x = 0,1y$ | (Ec 3) |
| O ₂ (%) Saturación | mg/l | | |
| 50-100% | | $x = 0,008(100 - y)$ | (Ec 4) |

Fuente: Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental.

Cuadro N° 9 Puntaje asignado para el Índice de Prati para la calidad del agua

| Clase | PI | Calidad del agua |
|-------|------|--------------------------|
| 1 | 0-1 | No contaminada |
| 2 | 1-2 | Poco contaminada |
| 3 | 2-4 | Modernamente contaminada |
| 4 | 4-8 | Contaminada |
| 5 | 8-16 | Muy contaminada |
| 6 | >16 | Altamente contaminada |

Fuente: Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental.

CAPÍTULO III
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

8.1. Identificación de puntos de muestreo

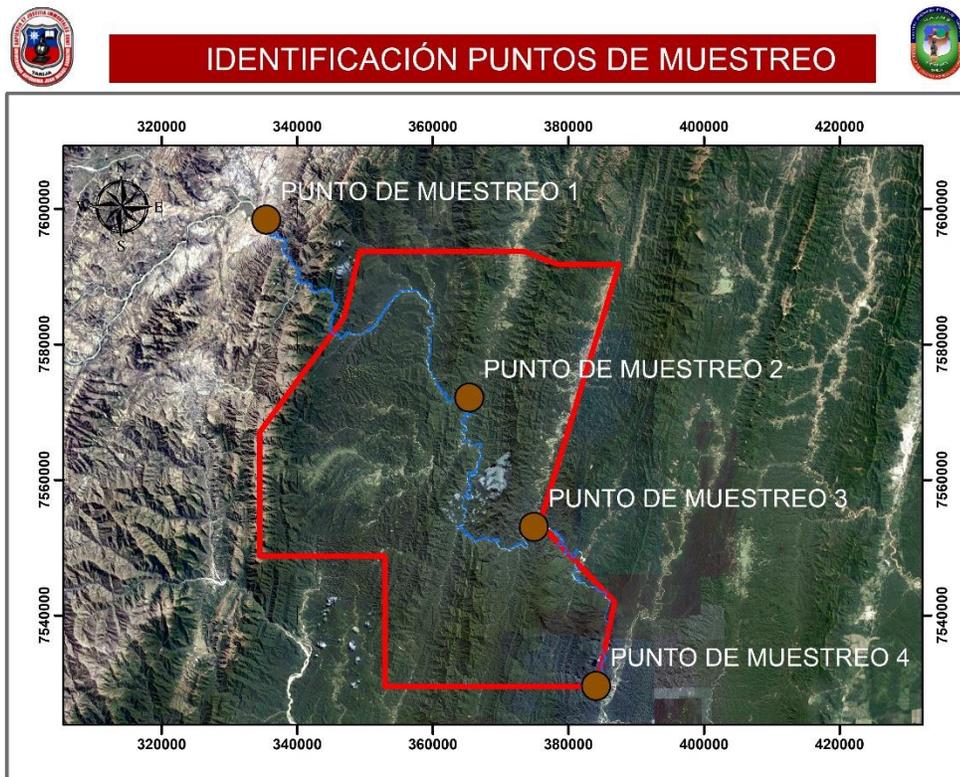
Para la Identificación de los puntos de muestreo del presente trabajo se seleccionó una serie puntos teniendo en cuenta lo representativo que llegarían a ser estos puntos de muestreo para el desarrollo de este documento, la accesibilidad al sitio para evitar riesgos o accidentes a la hora de tomar las muestras, es así que mediante la ayuda de distintos software como Google Earth y ArcMap (Mapa 2), como así también de comunarios que conocen la zona, se tomaron en cuenta los siguientes puntos de muestreo:

Cuadro N° 10 Identificación de puntos de muestreo

| Punto | Provincia | Comunidad | Coordenadas UTM | | Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) |
|-------|------------|--------------|-----------------|------------------|--|
| | | | Coordenada Este | Coordenada Norte | |
| 1 | Avilés | La Angostura | 335485 | 7598369 | 1642 |
| 2 | Arce | Naranjal | 362164 | 7571450 | 830 |
| 3 | Gran Chaco | Chajllas | 374956 | 7553045 | 471 |
| 4 | Gran Chaco | El Cajón | 384143 | 7529570 | 624 |

Fuente: Elaboración propia.

Mapa N° 2 Identificación Puntos de Muestreo

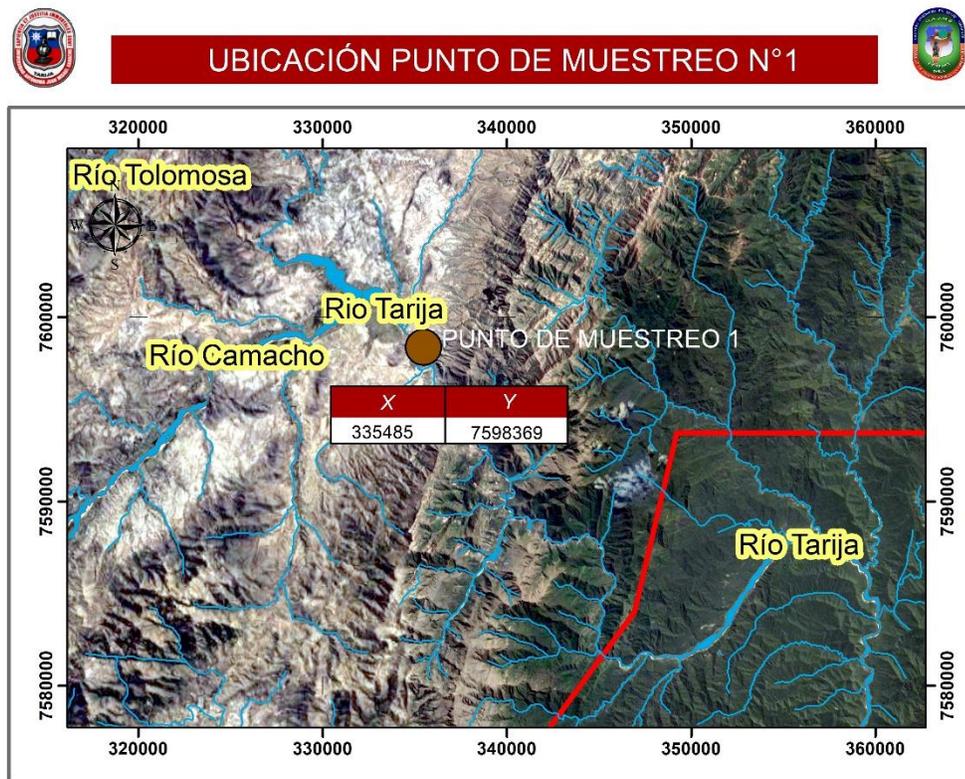


Fuente: Elaboración propia.

- Punto de muestreo N° 1

El primer punto está ubicado en la Comunidad de La Angostura, Provincia Avilés, a partir de este punto el Río Tarija recorre 30 Km hasta entrar en territorio de la Reserva. En este punto se tienen aguas provenientes del Río Guadalquivir que podrían estar contaminadas, ya que este cuerpo de agua recorre gran parte de la Ciudad de Tarija, por tanto, este punto nos permitirá conocer cuáles son los parámetros que se tienen fuera de la Reserva, para posteriormente compararlos con aquellos puntos que se encuentren dentro de la misma y ver si existe autodepuración, (Mapa 3).

Mapa N° 3 punto de Muestreo N° 1

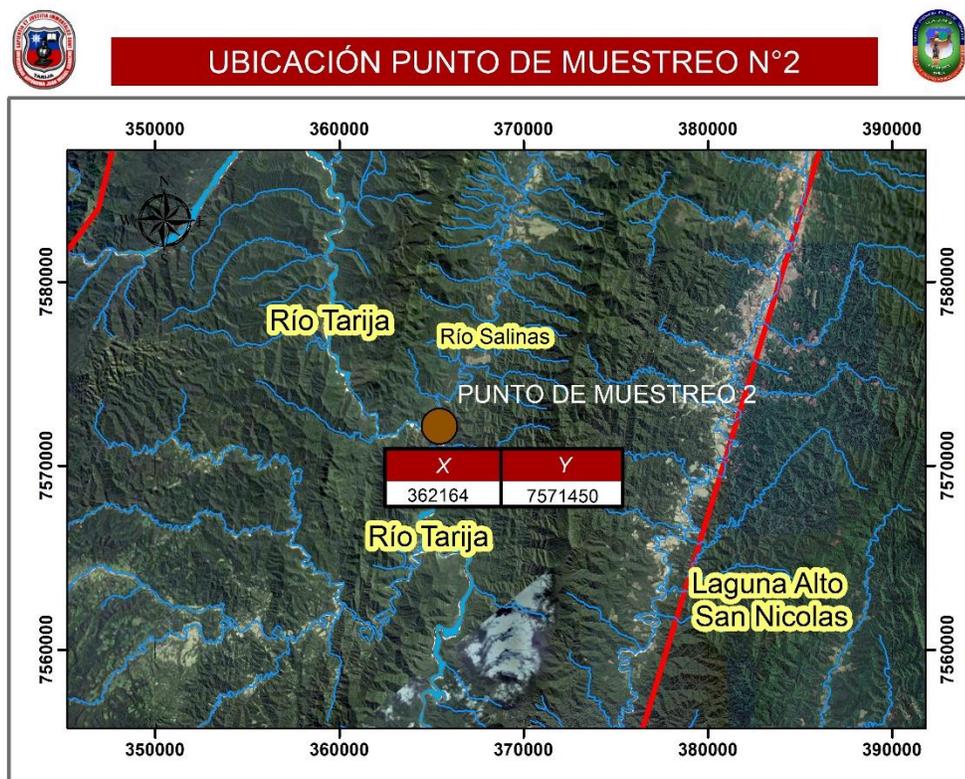


Fuente: Elaboración propia.

- Punto de muestreo N° 2

Ubicado en la Comunidad el Naranjal, Provincia Arce, se constituye en el segundo punto de muestreo, este punto se encuentra ubicada a 70 Km del punto de muestreo N° 1, de los cuales 40 Km son recorridos dentro de los límites de la Reserva, esto siempre siguiendo el cauce del Río Tarija (Mapa 4) y se eligió este punto de muestreo para conocer de alguna variación de los parámetros con respecto al primer punto.

Mapa N° 4 Punto de muestreo N° 2

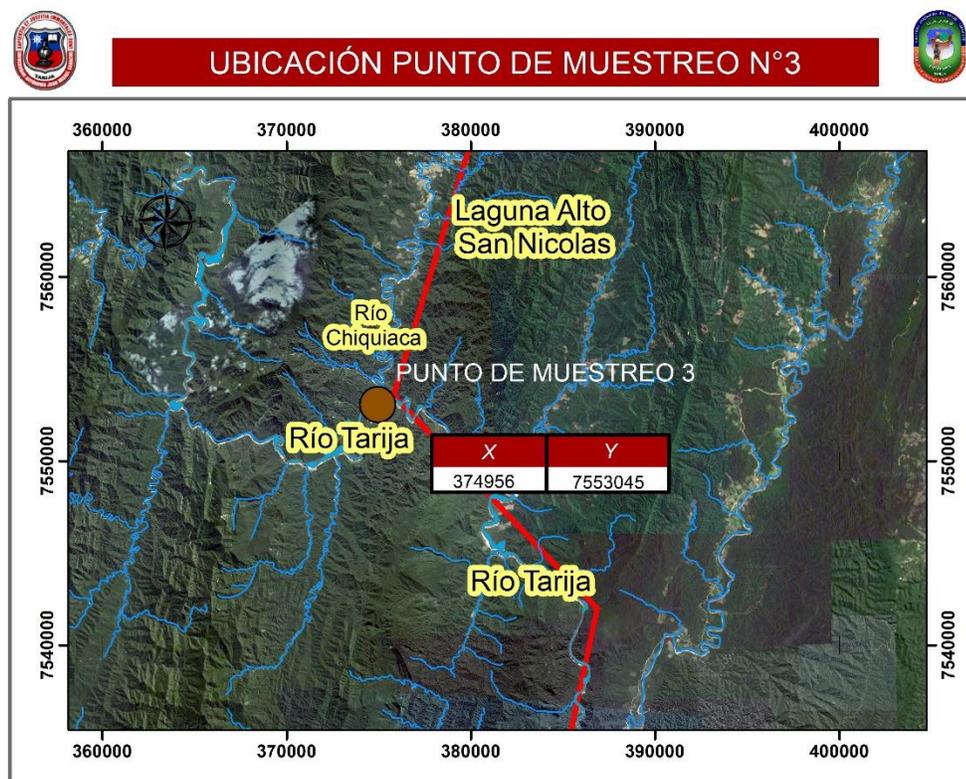


Fuente: Elaboración propia.

- Punto de muestreo N° 3

Se encuentra ubicado en la Comunidad de Chajllas a 50 Km del punto de muestreo N° 2 siguiendo el cauce del río, en la desembocadura del Río Chiquiacá al Río Tarija. La comunidad de Chiquiacá, que se encuentra aguas arriba de la Comunidad de Chajllas, se constituye en el mayor asentamiento poblacional que impacta la reserva y que está asentada sobre el Río Chiquiacá, a su vez este río recorre una gran parte de nuestra provincia y tiene varios afluentes que aportan a su caudal, como ser el Río Soledad y Vallecito, por esto se hace representativo saber los parámetros de este punto para su posterior comparación y la capacidad de autodepuración que se tiene hasta este punto, (Mapa 5).

Mapa N° 5 Punto de muestreo N° 3

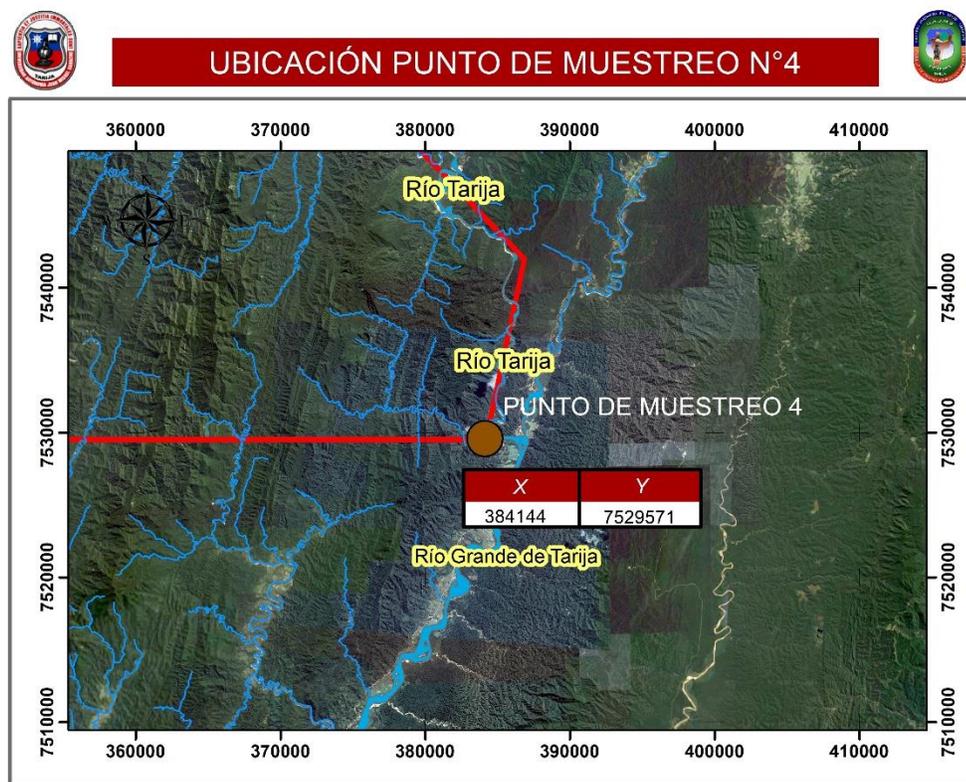


Fuente: Elaboración propia.

- Punto de muestreo N° 4

Ubicado en la comunidad del Cajón, Provincia Gran Chaco a 34 Km del punto de muestreo N° 3, este punto es el límite de la Reserva, es aquí donde el Río Tarija sale de la misma para verter sus aguas al Río Grande de Tarija. Para este punto el Río a recorrido dentro la Reserva un aproximado de 124 Km por lo cual se hace muy importante su análisis para comparar si la Reserva cumple con una función de autodepuración sus aguas, (Mapa 6).

Mapa N° 6 Punto de Muestreo N° 4



Fuente: Elaboración propia.

8.2. Resultados de los Análisis de Laboratorio

Los resultados que se presentan a continuación son los obtenidos del Laboratorio de control de aguas “CEANID” (Anexo), a partir de las muestras recolectadas en los cuatro puntos que se indican en el Mapa N° 2, siguiendo la metodología de toma de muestras que se indica en la NB 496, dichas muestras fueron tomadas en distintas fechas del mes de noviembre.

Cuadro N° 11 Puntos de Muestreo

| N° Punto de Muestreo | Comunidad | Distancia entre Puntos (Km) |
|----------------------|--------------|-----------------------------|
| Punto de Muestreo 1 | La Angostura | 0 |
| Punto de Muestreo 2 | El Naranjal | 70 |
| Punto de Muestreo 3 | Chajllas | 50 |
| Punto de Muestreo 4 | El Cajón | 34 |

Fuente: Elaboración propia.

8.2.1. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

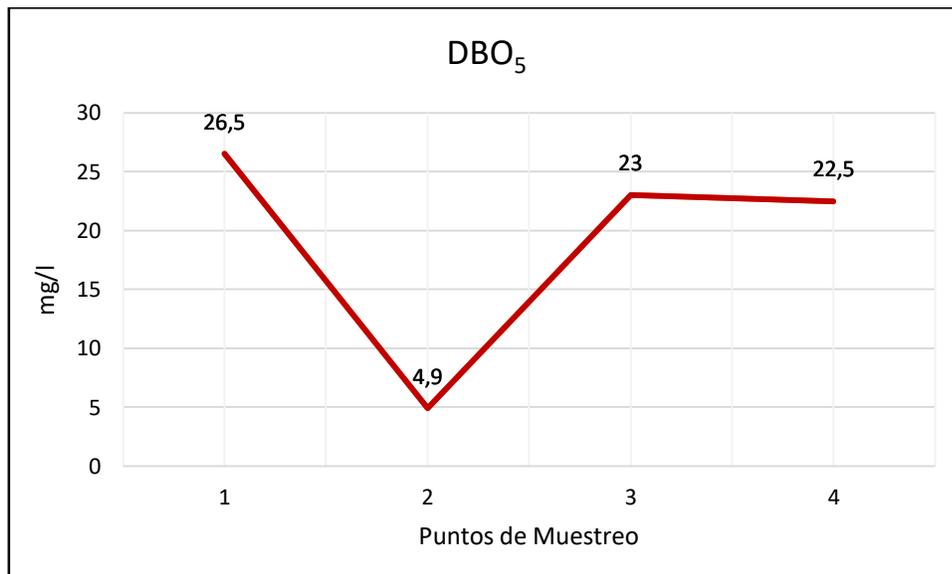
A continuación, se presentan los valores de la Demanda Biológica de Oxígeno que se obtuvieron en cada punto de muestreo.

Cuadro N° 12 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)

| Parámetro | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| DBO ₅ | (mg/l) | 26,5 | 4,9 | 23 | 22,5 |

Fuente: CEANID.

Gráfico N° 1 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)



Fuente: CEANID, elaboración propia.

Como se puede observar en el Gráfico el Punto 1 es el más alto en DBO₅ siendo este de 26,5 mg/l debido a que esta agua proviene directamente del Río Guadalquivir y hasta este punto y aguas arriba solo tienen como afluente el Río Camacho, el cual es de muy bajo caudal en tiempo de estiaje y si bien existen varias quebradas, pero al tomarse estas muestras, se las hicieron en tiempo de estiaje en el mes de noviembre y que por consiguiente arrastra contaminantes orgánicos, para posteriormente disminuir en el Punto de muestreo N° 2 con un recorrido de 70km en el cual el DBO₅ es de 4,9 mg/l debido a la recuperación natural del río y que en este tramo del mismo no se presenta aumento de la materia orgánica, debido a la poca actividad antrópica.

Según el Cuadro N°2 podemos observar que tanto el Río Salinas como el Río Chiquiacá tienen una gran aportación de contaminantes orgánicos, siendo así que el Punto 3 tenemos un aumento del DBO₅ a 23 mg/l lo que significa un 18,1 mg/l más que en el punto anterior, este aumento se atribuye a que en la zona se tiene mayor cantidad de actividad antrópica.

En estas comunidades se pudo constatar que existe crianza de ganado porcino, equino y vacuno, los cuales aportan gran cantidad de materia orgánica a las aguas del Río Tarija mediante afluentes directos que vierten sus aguas. En el Punto 4 disminuye el DBO₅ en 0,5 mg/l respecto al Punto 3, si bien es más bajo este sigue siendo alto respecto al Punto 2 debido a las comunidades presentes en la zona y a sus actividades, las cuales mayormente son ganaderas.

Si bien aguas arriba de la Comunidad “El Naranjal” también existe la crianza de gran número de cabezas de ganado, como es en la Comunidad de “Volcán Blanco”. La toma de muestras para todo este estudio se realizó cuando este ganado, del cual la mayoría son de trashumancia, había abandonado el territorio de la Reserva ya que, según el Censo Ganadero del 2002, de este tipo de ganado el 81% abandona el territorio de la reserva para el mes de noviembre.

Estos resultados nos muestran que mientras no exista perturbaciones por parte del hombre y sus diferentes actividades, el contenido de materia orgánica presente en las aguas del Río Tarija descenderá de manera considerable, ya que al ingresar en ésta el contenido de DBO₅ disminuyó en 21,6 mg/l (82%) del Punto de muestreo N°2 con Respecto al Punto de muestreo N° 1. Considerando que hasta este tramo se recorrieron 70km, entonces el Río Tarija muestra una gran autodepuración ya que según estudios se demuestran un río muestra un gran descenso de sus parámetros a partir de los 100km de recorrido.

En los siguientes puntos si bien las actividades de las comunidades no son a las orillas del Río Tarija como tal, este sí se llevan a cabo aguas arriba, como en el caso del Río Salinas y Chiquiacá, los cuales son afluentes al cuerpo de agua analizado.

Exceptuando el resultado obtenido en el punto de muestreo 2, cuyo parámetro al ser comparado con el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica recae a la clasificación de agua “Clase B”, los demás resultados al hacer la comparación respectiva con nuestro Reglamento todas recaen en “Clase D”.

8.2.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

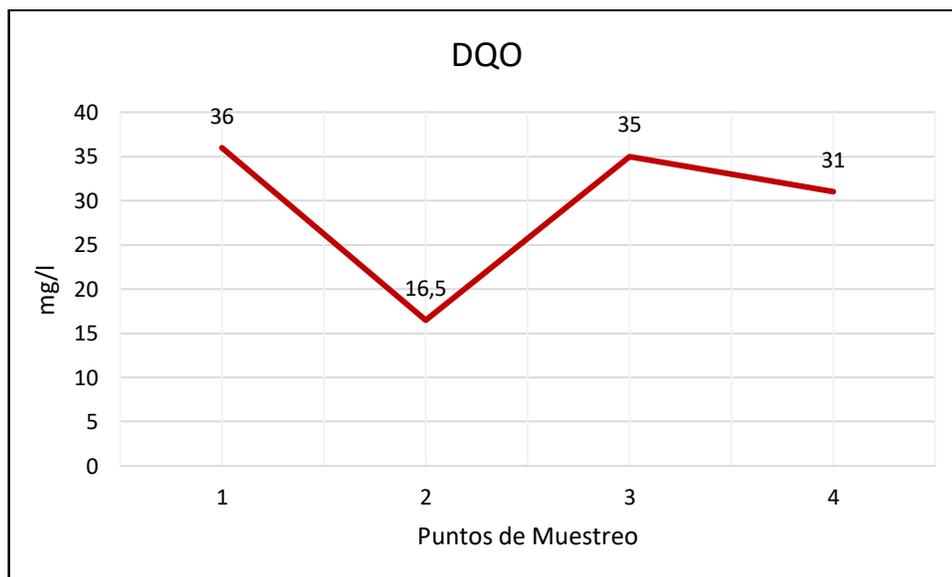
Seguidamente, se presentan los valores de la Demanda Química de Oxígeno que se obtuvieron en cada punto de muestreo.

Cuadro N° 13 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

| Parámetro | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|-----------|--------|---------|---------|---------|---------|
| DQO | (mg/l) | 36 | 16,5 | 35 | 31 |

Fuente: CEANID.

Gráfico N° 2 Demanda Química de Oxígeno (DQO)



Fuente: CEANID, elaboración propia.

El DQO obtenido en laboratorio de los 4 puntos analizados, nos muestra que nuevamente el punto más alto lo tenemos en el Punto de muestreo N°1, que viene siendo la comunidad de la Angostura, donde llegan las aguas provenientes de la ciudad de Tarija, por tanto, presentan un alto índice de contaminación. De aquí volvemos a tener un descenso considerable en los 40 Km del río, hasta llegar a los 16,5 mg/l (54%) que nos muestra el Punto de muestreo N° 2, lo cual nos indica que el río al no sufrir alteraciones antrópicas, reduce de manera natural gran parte de esta carga de DQO, lo que conlleva a una mejor calidad del agua.

Como es normal la DQO nos dan valores por encima del DBO₅. Debido a la presencia de compuestos químicos q no pueden ser descompuestos por los microorganismos.

En los puntos de muestro 3 y 4 posteriores tenemos un alza significativa del DQO, presentando resultados de 36 mg/l y 31 mg/l respectivamente para cada uno, esto viene dado al incremento sustancial que se tiene en la actividad por parte del hombre en estos lugares, ya sea en comunidades como Salinas, Chiquiacá, para el caso del Punto de Muestreo 3, y Las Sidras y Gutiérrez para el Punto de muestreo N° 4, esto a causa de sus actividades diarias y por actividades económicas como la ganadería que se tiene en estos lugares donde se presentan hatos de hasta 50 cabezas de ganado (Salinas), es así que aportan aguas contaminadas a las quebradas o ríos, que posteriormente desembocan en el Río Tarija.

Al comparar los resultados con nuestro Reglamento tenemos que los puntos de Muestreo 1, 3 y 4, pertenecen a aguas de “Clase C” y el punto de muestreo 2 de la Comunidad de Naranjal a aguas de “Clase B”.

8.2.3. Oxígeno Disuelto (OD)

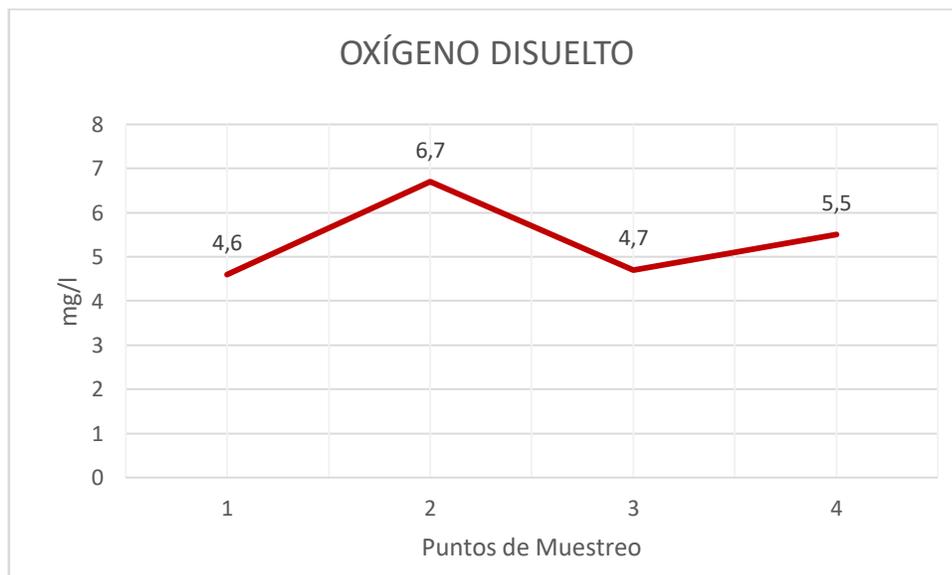
En el siguiente cuadro y gráfico, se presentan los valores del Oxígeno Disuelto que se obtuvieron en cada punto de muestreo según los resultados obtenidos en Laboratorio.

Cuadro N° 14 Oxígeno Disuelto (OD)

| Parámetro | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|-----------|--------|---------|---------|---------|---------|
| OD | (mg/l) | 4,6 | 6,7 | 4,7 | 5,5 |

Fuente: CEANID.

Gráfico N° 3 Oxígeno Disuelto (OD)



Fuente: CEANID, elaboración propia.

Cuadro N° 15 Saturación de Oxígeno

| Parámetro | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|-----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Saturación de Oxígeno | (mg/l) | 54% | 81% | 58% | 63% |

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en el gráfico el OD es mayor en el Punto 2 de muestreo con una saturación del 81%, y nos indica mejor calidad en el agua en este punto, luego tenemos los Puntos de muestreo 1 y 3, los cuales tienen un OD menor en sus aguas, llegando estos a ser 4,6 mg/l y 4,7 mg/l con una saturación del 53% y el 57% respectivamente. Para el último punto tenemos un aumento en el oxígeno disuelto al 64,47% (5,5 mg/l) de saturación, que, si bien no alcanza los valores obtenidos en el punto de muestreo 2, nos indica una mejora en la calidad del agua en el tramo de 32 Km que hace el Río entre Chajllas - El Cajón. Al realizar la comparación con los datos del Cuadro N° 2 se obtiene que los datos del OD son menores en el Río Tarija a comparación de los que están presentes tanto el Río Chiquiacá como el Río Salinas.

Los resultados del OD, nos indica como en contraposición de los resultados obtenidos para el DBO₅ y el DQO, a medida que estos dos parámetros suben o bajan el OD hace lo contrario, ya que para que se degraden u oxiden los compuestos orgánicos, se hace uso del oxígeno presente en el agua y en todos los casos ninguno sobrepasa lo establecido por ley.

De manera homogénea los resultados presentes para el Oxígeno Disuelto en todos los puntos de muestreo son de aguas “Clase C” según nuestro Reglamento.

Estos resultados son de gran importancia ya que, en el Territorio de la Reserva, se tienen gran variedad de peces, como pueden ser el pacú, sábalo, dorado o surubí, por lo cual el OD es de suma importancia para que estos peces puedan tener un buen hábitat.

8.2.4. Fósforo Total

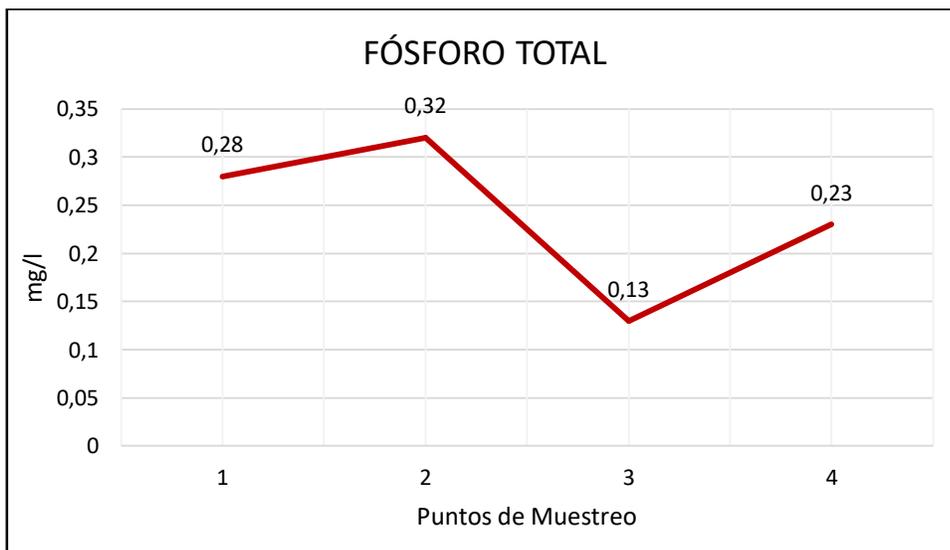
A continuación, se presentan los valores del Fósforo Total que se obtuvieron en cada punto de muestreo según los resultados obtenidos en Laboratorio.

Cuadro N° 16 Fósforo total

| Parámetro | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|---------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Fósforo total | (mg/l) | 0,28 | 0,32 | 0,13 | 0,23 |

Fuente: CEANID

Gráfico N° 4 Fósforo Total



Fuente: CEANID, elaboración propia.

Para el fósforo los resultados mostrados nos indican que el punto más alto se encuentra en la comunidad de El Naranjal, si bien ninguno de los resultados sobrepasa los límites permisibles de un agua de Clase “A” según nuestro reglamento.

Si bien los resultados del Punto de muestreo N° 2 muestran un pico en la gráfica, también podemos observar como esta disminuye considerablemente en 0,19 mg/l o siendo lo mismo un 45% para el punto número de muestreo N° 3, lo cual nos indica que hay una recuperación natural por parte del río en los 90 km que recorre hasta este punto, luego la concentración de Fósforo vuelve a tener un incremento de un 0,1 mg/l, esto puede ocurrir a la presencia del uso de agroquímicos en exceso en los terrenos existentes en la zona, y al aporte de materia orgánica por parte del ganado.

8.2.5. Nitrógeno Total

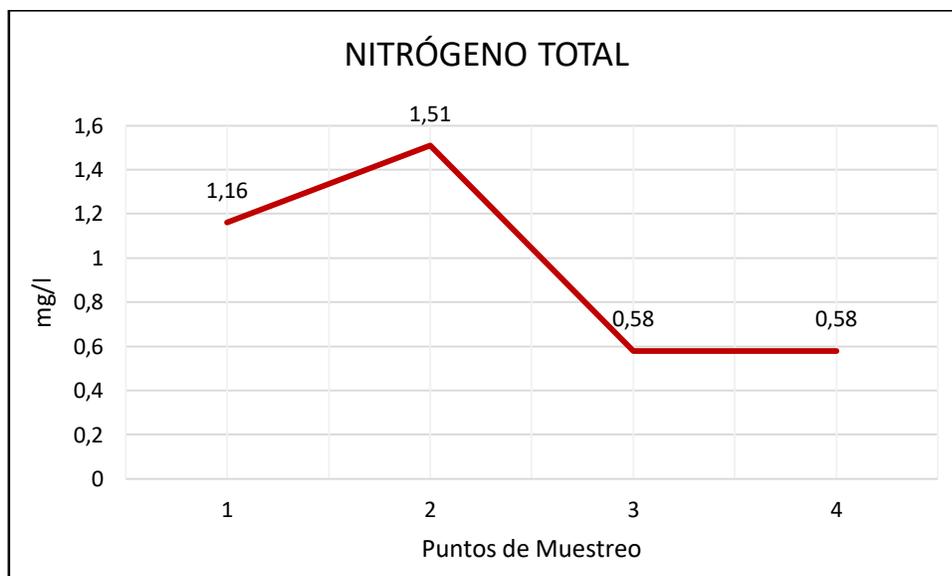
En el siguiente cuadro y gráfico se presentarán los valores del Nitrógeno Total que se obtuvieron en cada punto de muestreo según los resultados obtenidos en Laboratorio.

Cuadro N° 17 Nitrógeno Total

| Parámetro | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Nitrógeno total | (mg/l) | 1,16 | 1,51 | 0,58 | 0,58 |

Fuente: CEANID

Gráfico N° 5 Nitrógeno Total



Fuente: CEANID, elaboración propia.

En los resultados del Nitrógeno Total, la gráfica nos muestra un pico nuevamente en el punto de muestreo 2, como ya se explicó anteriormente en la zona no se presentan gran actividad ganadera o agricultura que puedan hacer uso de agroquímicos y así por escurrimiento superficial poder aportar nitrógeno a las aguas, por esto se hace evidente que el aumento de nitrógeno se debe a causas naturales que puedan ocurrir aguas arriba, que no son de origen orgánico, pero que pueden ser asimilados por las plantas acuáticas o caso contrario aguas abajo disminuye por su precipitación en forma de sales.

Como en el caso del fósforo luego de tener el pico en el Punto de Muestreo N° 2 volvemos a observar como la autodepuración del Río Tarija baja esta concentración un 62% hasta llegar a 0,58 mg/l presentes en el agua de Nitrógeno, lo cual demuestra una buena capacidad para la eliminación de estos nutrientes.

Se puede observar que el Nitrógeno se presenta en mayor cantidad que el Fósforo lo que es atribuible a la perturbación de la vegetación y suelos, generada por las actividades antrópicas en los diferentes puntos de muestreo, lo cual conlleva a una mayor pérdida de nitrógeno que de fósforo, debido a que este último es fijado fuertemente por reacciones químicas a los suelos, siendo los compuestos nitrogenados relativamente solubles y fácilmente arrastrados.

8.2.6. Potencial de Hidrógeno

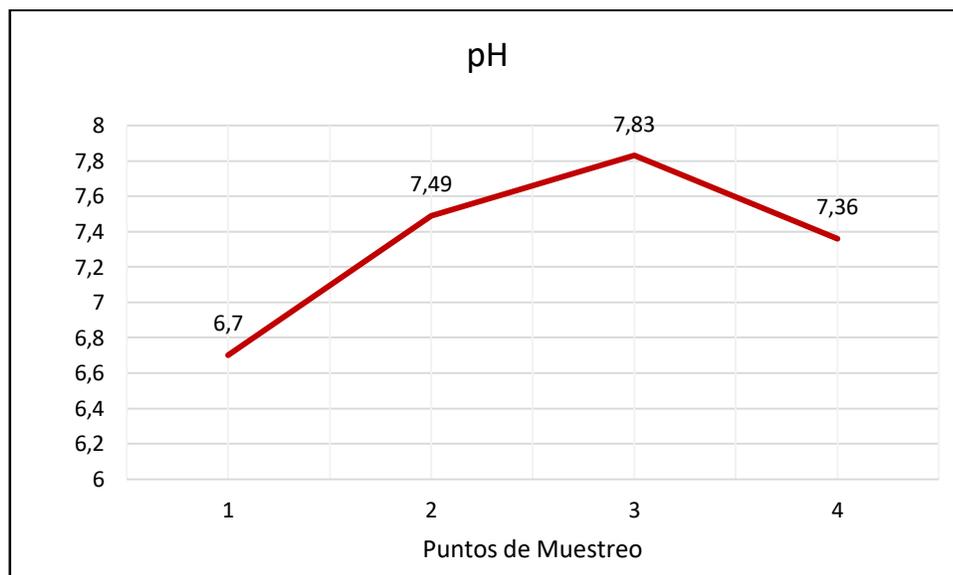
A continuación, se presentan los valores que se obtuvieron del pH en cada punto de muestreo según los resultados obtenidos en laboratorio.

Cuadro N° 18 pH

| Parámetro | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|-----------|---------|---------|---------|---------|
| pH | 6,7 | 7,49 | 7,83 | 7,36 |

Fuente: CEANID

Gráfico N° 6 pH



Fuente: CEANID, elaboración propia.

Los resultados obtenidos para el pH indican que en el Punto de muestreo 1, esto debido a la contaminación que se puede tener aguas arriba que ya viene arrastrando el Río en todo su trayecto, por tanto, tenemos un agua levemente más ácida que en los otros puntos consiguientes. A pesar de estos cambios, estos valores no indican que las aguas presenten un problema para la salud de los pobladores o de los microorganismos, plantas y animales que se hacen consumo de estas aguas para sus actividades.

Como se muestra en el cuadro N° 6 en el cual tenemos los valores pH que fueron medidos en el año 2002 de cuerpos de agua que son directamente afluentes al Río Tarija en distintas partes de la Reserva; los resultados nos muestran que estos bajan al incorporarse al cauce del Río Tarija y se acercan a un pH neutro.

Es gracias a estos valores presentes que están cerca de ser valores neutros, que los microorganismos pueden proliferar, como se muestran en los resultados de los Puntos de muestreo 2, 3 y 4; sin estos microorganismos y plantas acuáticas que son muy susceptibles a la alcalinidad o a la acidez, no cabe duda de que las aguas presentarían una menor calidad.

8.2.7. Turbidez

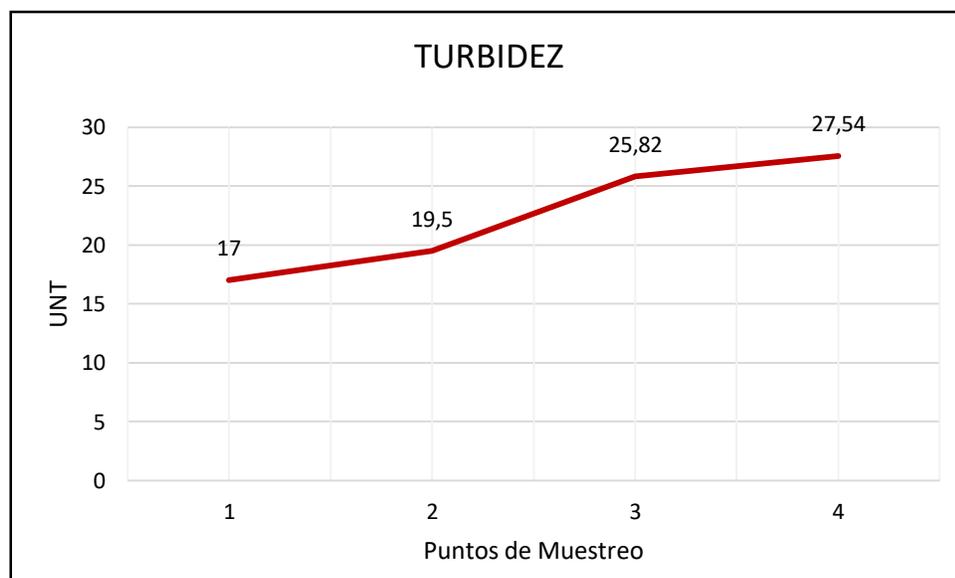
A continuación, se presentan los valores la Turbidez que se obtuvieron en cada punto de muestreo según los resultados obtenidos en Laboratorio.

Cuadro N° 19 Turbidez

| Parámetro | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|-----------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Turbidez | UNT | 17 | 19,5 | 25,82 | 27,54 |

Fuente: CEANID

Gráfico N° 7 Turbidez



Fuente: CEANID, elaboración propia.

Según el gráfico vemos que la turbidez tiene un crecimiento exponencial a medida que avanza el cauce del río, cabe recalcar que las tomas de muestras se realizaron en tiempo seco, donde aún no se tenían lluvias en la Reserva.

Este incremento de la turbidez del Río Tarija se debe al aporte de otros afluentes importantes a medida que el río recorre su cauce, tenemos en esta situación ríos como; el Río Salinas, Chiquiacá, o Pampa Grande.

Estos al descargar sus aguas, causan un incremento en el caudal del río por lo cual se tiene un mayor transporte de sedimentos lo que causa un incremento de partículas en suspensión que contribuyen a una mayor turbidez. Esto puede afectar a la cantidad de oxígeno presente, ya que mientras más sea la turbidez presente, el agua incrementa su temperatura causando que el contenido de OD sea menor.

8.3. Determinación del tipo de agua, según el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica y la longitud del cuerpo de agua

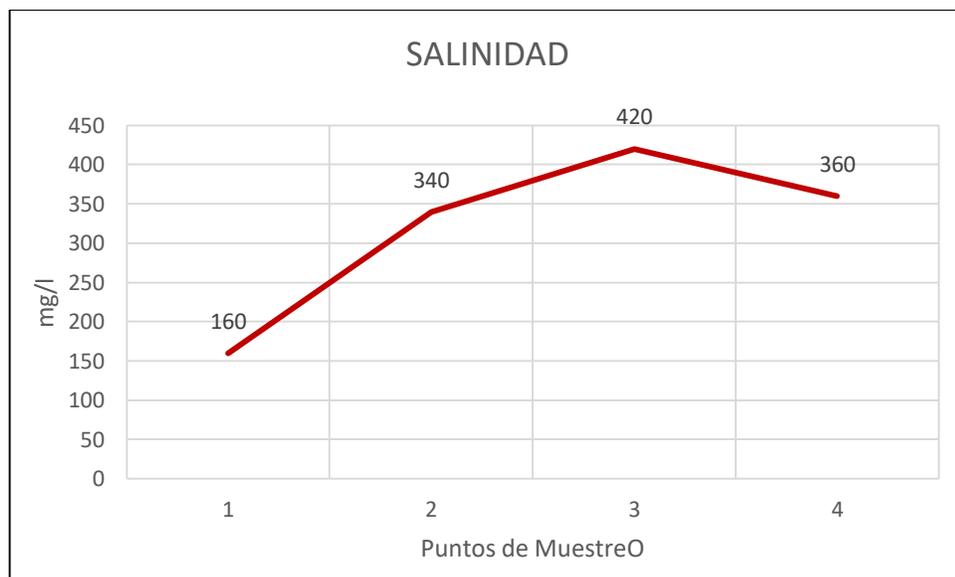
Seguidamente, se presentan los valores de la Salinidad que se obtuvieron en cada punto de muestreo según los resultados obtenidos en Laboratorio.

Cuadro N° 20 Salinidad

| Parámetro | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|-----------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Salinidad | mg/l | 160 | 340 | 420 | 360 |

Fuente: CEANID.

Gráfico N° 8 Salinidad



Fuente: CEANID, elaboración propia.

Cuadro N° 21 Clasificación De Aguas Naturales Según Su Salinidad

| Tipo de agua | Sólidos disueltos totales en mg/l |
|--------------|-----------------------------------|
| Dulce | Menor a 1500 |
| Salobre | Desde 1500 hasta 10000 |
| Salina | Desde 10000 hasta 34000 |
| Marina | Desde 34000 hasta 36000 |
| hiperhalina | Desde 36000 hasta 70000 |

Fuente: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

Cuadro N° 22 Determinación del Tipo de Agua del Río Tarija

| Punto de Muestreo | Salinidad | Tipo de Agua |
|-------------------|-----------|--------------|
| 1 | 160 | Dulce |
| 2 | 340 | Dulce |
| 3 | 420 | Dulce |
| 4 | 360 | Dulce |

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos en laboratorio para la salinidad en cada Punto de Muestreo, al realizar la comparación con nuestro Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, se determina que el tipo de agua presente en el Río Tarija es de tipo Dulce.

La longitud fue medida con la ayuda del software de ArcMap, de esta manera se pudo determinar que la longitud del cuerpo de agua en estudio es de 166 km de los cuales, 124 km del cauce del río son dentro de la Reserva Nacional de Flora y Fauna de Tariquía.

8.4. Determinación de la calidad del agua

Para la determinación de la calidad del agua, se tomó en cuenta la clasificación que nos brinda el RMCH en el artículo 4.

Cuadro N° 23 Comparación de los resultados obtenidos en laboratorio con el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

| Parámetro | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| DBO ₅ | mg/l | 26,5 | 4,9 | 23 | 22,5 |
| DQO | mg/l | 36 | 16,5 | 35 | 31 |
| OD | % | 54 | 81 | 58 | 63 |
| Nitrógeno Total | mg/l | 1,16 | 1,51 | 0,58 | 0,58 |
| Fósforo Total | mg/l | 0,28 | 0,32 | 0,13 | 0,23 |
| pH | | 6,7 | 7,49 | 7,83 | 7,36 |
| Turbidez | UNT | 17 | 19,5 | 25,82 | 27,54 |

| Clase A | Clase B | Clase C | Clase D |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |

Fuente: elaboración propia.

Al realizar la comparación de los resultados obtenidos en laboratorio con el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, se determina que las aguas presentes en los puntos de muestreo seleccionados a lo largo del Río Tarija, presentan la siguiente clasificación:

Cuadro N° 24 Clasificación de las aguas según el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

| Puntos de muestreo | Clase | Aptitud de uso |
|------------------------------------|-------|----------------------------|
| Punto de Muestreo 1 “La Angostura” | D | Aguas de calidad mínima |
| Punto de Muestreo 2 “El Naranjal” | C | Aguas de utilidad general, |
| Punto de Muestreo 1 “Chiquiacá” | D | Aguas de calidad mínima |
| Punto de Muestreo 1 “El Cajón” | D | Aguas de calidad mínima |

Fuente: Elaboración propia

8.4.1. Índice de Prati

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante las ecuaciones respectivas (Cuadro N°7) y su posterior comparación con la calidad del agua de acuerdo al Índice de Prati, (Cuadro N°8).

Cuadro N° 25 Resultados del Índice de Prati en el Río Tarija

| Punto | Concentraciones | | | Unidades de Contaminación | | | Índice de Prati |
|-------|------------------|------|----------------|---------------------------|------|-----------------|-----------------|
| | mg/l | | % | xDBO ₅ | xDQO | xO ₂ | |
| | DBO ₅ | DQO | O ₂ | | | | |
| 1 | 26,5 | 36 | 53 | 17,7 | 3,6 | 3,8 | 8,4 |
| 2 | 4,9 | 16,5 | 81 | 3,3 | 1,65 | 1,5 | 2,15 |
| 3 | 23 | 35 | 58 | 15,3 | 3,5 | 3,4 | 7,4 |
| 4 | 22,5 | 31 | 63 | 15 | 3,1 | 2,9 | 7 |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 26 Clasificación del PI del Río Tarija según los datos del PI de Prati

| Punto | PI | Calidad del Agua |
|-------|------|---------------------------|
| 1 | 8,4 | Contaminada |
| 2 | 2,15 | Moderadamente Contaminada |
| 3 | 7,4 | Contaminada |
| 4 | 7 | Contaminada |

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos y su posterior comparación se puede concluir que, de los cuatro puntos de muestreo seleccionados, 3 de ellos presentan aguas contaminadas siendo estos el Punto de Muestreo N°1 “La Angostura”, Punto de Muestreo N°3

“Chajllas” y Punto de Muestreo N°4 “El Cajón”, estos dos últimos dentro de los límites de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía.

El Punto de Muestreo N°2 “El Naranjal” presenta aguas moderadamente contaminadas, inclusive el valor de PI se acerca al de aguas poco contaminadas.

Se pudo comprobar que al realizar la comparación de nuestros resultados tanto con nuestro Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, como con la tabla de Prati, las aguas de los puntos de Muestreo N°1, 3 y 4, son aguas que se encuentran contaminadas no aptas para el consumo humano de manera directa.

8.5. Identificación de Las Poblaciones más Cercanas al Río Tarija dentro de la Reserva y sus Impactos Ambientales.

Se identificaron 3 poblaciones cercanas la Río Tarija, que podrían causar impactos ambientales al medio en el que se desarrollan, siendo estas 3 poblaciones: Motoví, Chiquiacá y El Cajón. (Mapa 7).

Mapa N° 7 Identificación Poblaciones más Cercanas al Río Tarija dentro de la Reserva



Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo observado en las visitas a estas poblaciones y aquello que pudo ser investigado se elaborará una matriz de identificación y valoración de impactos directos para exponer de forma gráfica, los cambios favorables y desfavorables que produce.

8.5.1. Metodología para la evaluación de Impactos

Para la Identificación de impactos se utilizó la metodología de Gómez Orea modificada que consiste en elaborar una matriz de impacto de doble entrada que correlaciona el pasivo ambiental con los componentes del ambiente, bajo el esquema de incidencias y dependencias. En la matriz se considera cada componente con sus indicadores, donde los componentes ambientales se ponen en las columnas y lo que se va a evaluar en las filas, (Gomes, 1999).

La matriz identifica y caracteriza los impactos en las casillas de cruce, asignando el valor de la importancia según la naturaleza de los efectos. Esta matriz permite tanto una valoración cualitativa como una valoración cuantitativa de los elementos e identifica el impacto ambiental generado por una actividad sobre un factor ambiental considerado.

Esta metodología se escogió debido a que se desarrolla a través de procedimientos analíticos para cuantificar los efectos en unidades de calidad ambiental y utiliza parámetros medibles de forma objetiva, (Abellan & Borja, 1993).

La metodología determina el grado de importancia del sobre el ambiente receptor, para lo cual se consideran una serie de atributos, con ello se genera un índice único denominado Importancia (IM), y los criterios con mayor peso son la magnitud y la extensión, (Bogota, 2004).

En la siguiente ecuación se establecen los componentes del indicador IM:

$$IM=NA(3MG+2EX+DR+PE+RC+RV+PO+TD+TI)$$

Este índice otorga un puntaje de acuerdo con:

- Naturaleza (NA): se refiere al carácter del impacto que se va a evaluar. Si es beneficioso (+) o perjudicial (-), haciendo alusión a las acciones que actúan sobre los factores considerados.
- Magnitud (MG): cuantifica el grado de incidencia de la acción sobre el factor. El rango de esta variable se encuentra entre 1 y 8 y hace referencia al grado de destrucción.

Cuadro N° 27 Clasificación y Valores asignados para la Magnitud

| MAGNITUD (MG) | | |
|---------------|-------|-------------------|
| Clasificación | Valor | Impacto |
| Baja | 1 | Afectación Mínima |
| Media | 2 | |
| Alta | 4 | |
| Muy Alta | 6 | Afectación máxima |

Fuente: Evaluación de impacto ambiental. Gómez, D.

- Extensión (EX): mide el área de influencia teórica del impacto con relación al entorno.

Cuadro N° 28 Clasificación y Valores asignados para la Extensión

| Extensión (EX) | | |
|----------------|-------|-----------------------------------|
| Clasificación | Valor | Impacto |
| Puntual | 1 | Efecto localizado |
| Parcial | 2 | Incidencia apreciable en el medio |

| | | |
|---------|----|--|
| Extenso | 4 | Afecta un gran parte del Medio |
| Total | 8 | Generalizado en todo el entorno |
| Crítico | +4 | El impacto se produce en una situación crítica; se atribuye a un valor de +4 por encima del valor que corresponda. |

Fuente: Evaluación de impacto ambiental. Gómez, D.

- Duración (DR): cuantifica la permanencia del efecto desde su aparición y el momento en el cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción, ya sea por medios naturales, o bien mediante la introducción de medidas correctoras.

Cuadro N° 29 Clasificación y valores asignados para la duración

| Duración (DR) | | |
|---------------|-------|----------------|
| Clasificación | Valor | Impacto |
| Fugaz | 1 | <1 año |
| Temporal | 4 | de 1 a 5 años |
| Pertinaz | 8 | de 5 a 10 años |
| Permanente | 12 | > 10 años |

Fuente: Evaluación de impacto ambiental. Gómez, D.

- Periodicidad (PE): hace referencia a la regularidad de manifestación del efecto: de manera cíclica o recurrente, de forma impredecible o constante en el tiempo.

Cuadro N° 30 Clasificación y Valores asignados para la Periodicidad

| Periodicidad (PE) | | |
|-------------------|-------|---|
| Clasificación | Valor | Impacto |
| Irregular | 1 | El efecto se manifiesta de forma impredecible. |
| Periódica | 4 | El efecto se manifiesta de manera cíclica o recurrente. |
| Discontinuo | 8 | El efecto se manifiesta inconstante en el tiempo. |
| Continua | 12 | El efecto se manifiesta constante en el tiempo. |

Fuente: Evaluación de impacto ambiental. Gómez, D.

- Recuperabilidad (RC): alude a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales, por medio de la intervención humana.

Cuadro N° 31 Clasificación y Valores asignados para Recuperabilidad

| Recuperabilidad (RC) | | |
|----------------------|-------|---|
| Clasificación | Valor | Impacto |
| Corto Plazo | 1 | Retorno a las condiciones iniciales en menos de un 1 año. |

| | | |
|---------------|----|--|
| Mediano plazo | 4 | Retorno a las condiciones iniciales entre 1 y 5 años. |
| Mitigable | 8 | Retorno a las condiciones iniciales entre 5 y 10 años. |
| Irrecuperable | 12 | Imposibilidad o dificultad extrema de retomar por medios naturales a las condiciones naturales o hacerlo en un periodo mayor de 10 años. |

Fuente: Evaluación de impacto ambiental. Gómez, D.

- Reversibilidad (RV): señala la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por la actividad, de regresar a las condiciones iniciales por medios naturales.

Cuadro N° 32 Clasificación y Valores asignados para la Reversibilidad

| Reversibilidad (RV) | | |
|---------------------|-------|---|
| Clasificación | Valor | Impacto |
| Corto Plazo | 1 | Retorno a las condiciones iniciales en menos de un 1 año. |
| Mediano plazo | 4 | Retorno a las condiciones iniciales entre 1 y 5 años. |
| Largo Plazo | 8 | Retorno a las condiciones iniciales entre 5 y 10 años. |

| | | |
|--------------|----|--|
| Irreversible | 12 | Imposibilidad o dificultad extrema de retomar por medios naturales a las condiciones naturales o hacerlo en un periodo mayor de 10 años. |
|--------------|----|--|

Fuente: Evaluación de impacto ambiental. Gómez, D.

- Probabilidad de Ocurrencia (PO): hace referencia al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el medio.

Cuadro N° 33 Clasificación y Valores asignados para la Probabilidad de Ocurrencia

| Probabilidad de ocurrencia (PO) | | |
|---------------------------------|-------|--|
| Clasificación | Valor | Impacto |
| Largo Plazo | 1 | El efecto demora más de 5 años en manifestarse. |
| Medio Plazo | 2 | Se manifiesta en términos de 1 a 5 años. |
| Inmediato | 4 | Se manifiesta en términos de 1 años. |
| Crítico | +4 | En caso de sucedes alguna circunstancia crítica en el momento del impacto se adicionan 4 unidades. |

Fuente: Evaluación de impacto ambiental. Gómez, D.

- Tendencia (TD): señala el incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando la acción que lo genera persiste de forma continuada o reiterada.

Cuadro N° 34 Clasificación y Valores asignados para la Tendencia

| Tendencia (TD) | | |
|----------------|-------|--|
| Clasificación | Valor | Impacto |
| Simple | 1 | Es el impacto que se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencia en la inducción de nuevos efectos ni en su acumulación. |
| Acumulativo | 2 | Es el efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad, al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto. |

Fuente: evaluación de impacto ambiental. Gómez, D.

- Tipo (TI): hace referencia a la relación causa-efecto y se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción.

Cuadro N° 35 Clasificación y Valores asignados para el Tipo

| Tipo (TI) | | |
|------------------------|-------|---|
| Clasificación | Valor | Impacto |
| Indirecto o secundario | 1 | Su manifestación no es directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. |
| Directo o primario | 2 | Su efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental, siendo la representación de la acción consecuencia directa de ésta. |

Fuente: evaluación de impacto ambiental. Gómez, D.

La importancia de un impacto se determina por la combinación de los criterios de calificación. En el siguiente cuadro se presentan los valores mínimos y máximos, para diferentes tipos de importancia, en impactos de carácter negativo e impactos de carácter positivo.

Cuadro N° 36 Valores para la Clasificación de Impactos

| | |
|-----------------------|---|
| Impactos irrelevantes | Impactos con valores de importancia menores a 25. |
| Impactos moderados | Impactos con valores de importancia entre 25 y menores de 50. |
| Impactos severos | Impactos con valores de importancia entre 50 y 75. |
| Impactos críticos | Impactos con valores de importancia mayor a 75. |

Fuente: evaluación de impacto ambiental. Gómez, D.

8.5.2. Matriz de Impactos Ambientales

8.5.2.1. Matriz de Impactos Ambientales Comunidad de Motoví

| | | COMUNIDAD DE MOTOVÍ | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|-------------|
| COMPONENTE AMBIENTAL | ELEMENTO AMBIENTAL | CRITERIOS | | | | | | | | | | | CLASIFICACIÓN | |
| | | NA | MG | EX | DR | RV | RC | PE | TD | TI | PO | IM | | |
| | | FACTOR AMBIENTAL | | | | | | | | | | | | |
| Físico | Suelo | Cambio en el Uso del Suelo. | (-) | 2 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | -24 | Irrelevante |
| | | Alteración de la Cubierta Terrestre. | (-) | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | -23 | Irrelevante |
| | | Afectación por la generación de Residuos. | (-) | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | -17 | Irrelevante |
| | Agua | Régimen Hídrico Superficial. | (-) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | -16 | Irrelevante |
| | | Variación en la calidad del agua. | (-) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | -16 | Irrelevante |
| | Paisaje | Variación de las Geoformas Iniciales. | (-) | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | -21 | Irrelevante |
| | | Cambio de la percepción Paisajista por la incorporación de elementos extraños. | (-) | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | -19 | Irrelevante |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-------------------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-------------|
| Biótico | Flora | Presencia de Especies invasoras. | (-) | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | -21 | Irrelevante |
| | | Remoción de la Cobertura Vegetal. | (-) | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | -23 | Irrelevante |
| | | Disminución o Muerte de Individuos. | (-) | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | -22 | Irrelevante |
| | Fauna | Migración de Especies. | (-) | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | -18 | Irrelevante |
| | | Muerte de Individuos. | (-) | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 | 1 | 1 | 2 | 4 | -24 | Irrelevante |

Fuente: Elaboración propia

8.5.2.2. Matriz de Impactos Ambientales Comunidad de Chiquiacá

| | | COMUNIDAD DE CHIQUIACÁ | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|-------------|
| COMPONENTE AMBIENTAL | ELEMENTO AMBIENTAL | CRITERIOS | | | | | | | | | | | CLASIFICACIÓN | |
| | | NA | MG | EX | DR | RV | RC | PE | TD | TI | PO | IM | | |
| | | FACTOR AMBIENTAL | | | | | | | | | | | | |
| Físico | Suelo | Cambio en el Uso del Suelo. | (-) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -44 | Moderado |
| | | Alteración de la Cubierta Terrestre. | (-) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -44 | Moderado |
| | | Afectación por la generación de Residuos. | (-) | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | -21 | Irrelevante |
| | Agua | Régimen Hídrico Superficial (Dinámica Fluvial y Patrón de Drenaje). | (-) | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | -27 | Moderado |
| | | Variación en la calidad del agua. | (-) | 6 | 8 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -58 | Severo |
| | Paisaje | Variación de las Geoformas Iniciales. | (-) | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -38 | Moderado |
| | | Cambio de la percepción Paisajista por la incorporación de elementos extraños. | (-) | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | -35 | Moderado |
| Biótico | Flora | Presencia de Especies invasoras. | (-) | 2 | 2 | 4 | 8 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -38 | Moderado |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|----------|
| | Remoción de la Cobertura Vegetal. | (-) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -44 | Moderado |
| | Disminución o Muerte de Individuos. | (-) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | -41 | Moderado |
| Fauna | Migración de Especies. | (-) | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | -37 | Moderado |
| | Muerte de Individuos. | (-) | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 1 | 2 | 2 | 4 | -45 | Moderado |

Fuente: Elaboración propia.

8.5.2.3. Matriz de Impactos Ambientales Comunidad El Cajón

| | | COMUNIDAD EL CAJÓN | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|--|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|-------------|
| COMPONENTE AMBIENTAL | ELEMENTO AMBIENTAL | CRITERIOS | | | | | | | | | | | CLASIFICACIÓN | |
| | | FACTOR AMBIENTAL | | | | | | | | | | | | |
| | | NA | MG | EX | DR | RV | RC | PE | TD | TI | PO | IM | | |
| Físico | Suelo | Cambio en el Uso del Suelo. | (-) | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | -29 | Moderado |
| | | Alteración de la Cubierta Terrestre. | (-) | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | -37 | Moderado |
| | | Afectación por la generación de Residuos. | (-) | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | -21 | Irrelevante |
| | Agua | Régimen Hídrico Superficial. | (-) | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | -27 | Moderado |
| | | Variación en la calidad del agua. | (-) | 6 | 8 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -50 | Moderado |
| | Paisaje | Variación de las Geoformas Iniciales. | (-) | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -31 | Moderado |
| | | Cambio de la percepción Paisajista por la incorporación de elementos extraños. | (-) | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | -31 | Moderado |
| Biótico | Flora | Presencia de Especies invasoras. | (-) | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -31 | Moderado |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|----------|
| | Remoción de la Cobertura Vegetal. | (-) | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | -34 | Moderado |
| | Disminución o Muerte de Individuos. | (-) | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | -31 | Moderado |
| Fauna | Migración de Especies. | (-) | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 4 | -31 | Moderado |
| | Muerte de Individuos. | (-) | 1 | 2 | 4 | 4 | 8 | 1 | 2 | 2 | 4 | -32 | Moderado |

Fuente: Elaboración propia.

8.5.3. Análisis de la matriz de identificación de impactos

Según la evaluación de Impactos realizada para cada comunidad seleccionada, tomando en cuenta los datos más relevantes, tenemos lo siguiente:

Cuadro N° 37 Impactos Ambientales en la Comunidad de El Naranjal

| Factor Ambiental | Importancia | Clasificación |
|--------------------------------------|-------------|---------------|
| Cambio en el uso del Suelo. | -24 | Irrelevante |
| Muerte de Individuos (Fauna). | -24 | Irrelevante |
| Remoción de la Cobertura Vegetal. | -23 | Irrelevante |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 38 Impactos Ambientales en la Comunidad de Chiquiacá

| Factor Ambiental | Importancia | Clasificación |
|---|-------------|---------------|
| Cambio en el Uso del Suelo. | -44 | Moderado |
| Alteración de la cubierta Terrestre. | -44 | Moderado |
| Variación de la Calidad del Agua. | -58 | Severo |
| Remoción de la Cobertura Vegetal. | -44 | Moderado |
| Muerte de Individuos (Fauna). | -45 | Moderado |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 39 Impactos Ambientales en la Comunidad de El Cajón

| Factor Ambiental | Importancia | Clasificación |
|--------------------------------------|-------------|---------------|
| Variación en la Calidad del agua. | -50 | Severo |
| Alteración de la Cubierta Terrestre. | -37 | Moderado |
| Muerte de Individuos (Fauna). | -37 | Moderado |

Fuente: Elaboración propia.

Según lo observado en los cuadros, se puede concluir que aquellos componentes que se afectan negativamente son el componente físico y el componente biótico, esto principalmente en las Comunidades de Chiquiacá y El Cajón.

En el componente físico se afecta ya sea por el cambio en el uso del suelo o la alteración de la cubierta terrestre, esto debido a que en estos lugares principalmente en la comunidad de Chiquiacá, se llevan a cabo desmontes y tala de árboles para extender sus terrenos ya sea para cultivos o para pastoreo, ya que sus terrenos con los que ya contaban, o bien no les dan abasto o se quedaron con poca capacidad productiva.

También dentro del componente físico se tiene una variación en la calidad del agua, ya que según lo que se puede observar en los resultados obtenidos, (Cuadro N° 22), en estos lugares no se tiene una buena calidad, esto por el alto contenido de la materia orgánica que es vertido de manera directa al Río Tarija a sus afluentes que posteriormente vierten sus aguas en este río.

Esto también pasa en menos medida en la Comunidad de Motoví, donde sí se realizan desmontes para sus sembradíos o para sus animales, pero en mucha menor medida.

El componente Biótico, se afecta con la caza de animales por ejemplo el jaguar, mismo que es cazado muchas veces por los pobladores del área, ya que estos se comen o atacan a su ganado.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. Conclusiones

- Se determina que la Reserva Nacional de Flora y Fauna de Tariquía presenta una autodepuración en el Cuerpo de Agua Superficial Río Tarija en el tramo que corresponde el Punto de Muestreo N° 1 “La Angostura” hasta el Punto de Muestreo N°2 en la Comunidad “El Naranjal” en los cuales el río recorre 70 km, de los cuales 40 km son dentro de la Reserva. En este tramo se tiene una autodepuración de gran parte de los contaminantes orgánicos ya que se evidenció una disminución significativa del DBO₅ y el DQO, si bien en este tramo existen 30 km del río los cuales no está en territorio de la Reserva, es en estos 70 km donde menos influencia antrópica se tiene, ya que en los posteriores Puntos de Muestreo, se pudo observar un incremento en los valores del DBO₅ y el DQO los que nos quiere decir que existe una contaminación y por ende una disminución en la calidad del agua. Por tanto la Reserva Nacional de Flora y Fauna de Tariquía podría ayudar a mejorar la calidad del agua presente en el Río Tarija que proviene de las aguas del Río Guadalquivir con toda la contaminación que este último podría presentar, esto mediante el proceso de autodepuración. Lamentablemente y según los resultados de laboratorio, se tiene una contaminación por parte de las actividades presentes dentro de la Reserva, principalmente la ganadería que se pueda desarrollar en las cercanías o en los afluentes de este río, los cuales empeoran significativamente la calidad del agua, presentando incluso valores cercanos a los obtenidos en la “Angostura” con todo lo que esto conlleva. También se observó que este río tiene la capacidad de absorber los nutrientes que se puedan presentar en exceso como el Nitrógeno y el Fósforo, evidenciado en el tramo “El Naranjal-Chiquiaca”, esto debido a las plantas acuáticas que pueden estar presentes en su cauce.

- Se pudo identificar aquellos puntos de interés para posteriormente realizar la toma de muestras correspondientes y luego comparar los resultados. De esta manera se obtuvieron 4 puntos de muestreo, siendo estos: Punto de Muestreo N° 1 “La Angostura”, Punto de Muestreo N° 2 “El Naranjal”, Punto de Muestreo N° 3 “Chiquiacá” y el Punto Muestreo N° 4 “El Cajón” los cuales nos ayudaron a obtener resultados que pueden resultar de utilidad tanto para el presente análisis como para cualquier comparación posterior.
- Se determinó que el Tipo de Agua presente en el Río Tarija es Dulce, de acuerdo a lo establecido en nuestro reglamento. Al medir la longitud del cauce del Río Tarija, con la ayuda del software ArcMap, se obtuvo que el Río Tarija tiene una longitud de 164 Km de los cuales 122 Km son dentro de los límites de la Reserva Nacional de Flora y Fauna de Tariquía. Lo cual nos indica que más del 70% del total del cauce del Río se encuentra en territorio de la Reserva.
- Según los resultados de laboratorio y su comparación con nuestro Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, se obtienen que para los Puntos de Muestreo N° 1, 3, y 4 son aguas de “Clase D” siendo estas aguas de calidad mínima que en caso de ser utilizadas para el consumo humano tendría que ser sometida a tratamientos biológicos, químicos y físicos; en el caso del Punto de Muestreo N° 2 se tiene un agua “Clase C”, es decir aguas de utilidad en general, pero que de igual manera no son aptas para el consumo humano directo. De manera complementaria con la realización del Índice de Prati, lo cual nos ayudó a corroborar lo que fue clasificado según nuestro reglamento, siendo así que se obtuvo que a excepción del punto de muestreo N° 2 que se encuentra moderadamente contaminada, los restantes puntos de muestreo tienen aguas contaminadas.
- Se identificó 3 poblaciones cercanas al Río Tarija, de las cuales al realizar una identificación de los impactos que se presentan, se pudo identificar que aquellos factores que causan acciones negativas son: la muerte de

animales, la actividad ganadera, la actividad agrícola, también se tiene alteración y cambio de uso del suelo. Esto se debe a que en estos lugares principalmente Chiquiacá y Salinas se manejan grandes cantidades de ganado y la actividad agrícola se encuentra en alza en estos últimos años, donde se desmonta grandes cantidades de extensiones de tierra. Es así que el hombre se va adentrando más en territorio de la Reserva, alterando los ecosistemas y cada vez extendiendo el territorio de pastoreo de su ganado, hasta que en algunas ocasiones se encuentra con algún depredador que pueda amenazar sus animales es aquí donde lamentablemente se pierden ejemplares, principalmente el jaguar.

9.2. Recomendaciones

- Se recomienda encarecidamente realizar un estudio de calidad de agua en el Río Chiquiacá como así también de sus afluentes.
- Se deben realizar estudios en aquellas zonas de la Reserva donde se tenga un alto índice de actividades económicas como la ganadería y la agricultura para conocer como estas están afectando a calidad del agua del Río Tarija y a la calidad del agua de los ríos locales.
- Tener mayor control en el crecimiento de la actividad ganadera y de agricultura, para la protección de la Reserva.
- Realizar un estudio de la Capacidad de Autodepuración del Río Tarija, en otras épocas del año para determinar los resultados que se podrían obtener con las variaciones del caudal.
- Realizar mediciones del caudal del Río Tarija, mismos datos que servirían para la medición de otros parámetros como la carga orgánica y el factor de biodegradabilidad.
- Repetir este estudio cuando el total de ganado trashumante se encuentre en territorio de la Reserva Nacional de Flora y Fauna de Tariquía.
- Proteger de mejor manera los cuerpos de agua, dentro de la Reserva, esto llevado a cabo por las autoridades correspondientes.

- Que la Universidad pueda contar con equipos los cuales permitan a los estudiantes medir parámetros de calidad de agua In-Situ.