

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS DE GRADO

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL ARROYO BAHÍA,
PRINCIPAL FUENTE DE ABASTECIMIENTO Y TRATAMIENTO PARA LA
EPSA MUNICIPAL COBIJA, MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS
EN LABORATORIO 2018”**

Postulante: Univ. Yalitza Fabiola Rocha Mendoza

Asesor: Ing. José Antonio Chávez Torrico

**Cobija-Pando-Bolivia
2018**

HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue revisada y aprobada por:

CARGO	NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMAS
Presente	Dr. Benjamín Oliveira Carrillo
Tribunal 1	Ing. Erika Roxana Navarro Arroyo
Tribunal 2	Lic. Julio Ricardo Montero Tonconi
Asesor	Ing. José Antonio Chávez Torrico

Cobija..... de.....del 2018

DEDICATORIA

A mi hija Emily quien es la alegría, el
amor y esperanza de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por ser la guía en el sendero de cada acto que realizo hoy, mañana y siempre.
- Con sincera gratitud a la Universidad Amazónica de Pando especialmente al Área de Ciencias Biológicas y Naturales en la carrera de Ingeniería Ambiental.
- A mis padres y hermanas, que siempre me dieron la fuerza e inspiración para cumplir con mi meta de obtener mi profesión.
- Al Ing. José Antonio Chávez Torrico, por su contribución, paciencia y constante apoyo en la fase final de mi formación (modalidad de graduación).
- A la Empresa Pública Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Cobija, por la oportunidad, confianza que se brindó a mi persona al disponer de los predios de laboratorio en la EPSA.
- Al Ing. MSc. José Farid Maia Lima y la Ing. Naja Ericka Vargas Noriega por la ayuda brindada para el avance y culminación del presente trabajo de investigación.

INDICE

		Pagina
	HOJA DE APROBACIÓN	i
	DEDICATORIA	ii
	AGRADECIMIENTOS	iii
	INDICE	iv
	LISTA DE CUADROS	vii
	LISTA DE FIGURAS	viii
	LISTA DE TABLAS	ix
	LISTA DE GRAFICAS	x
	RESUMEN	xi
	ABSTRACT	
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVOS	3
2.1.	Objetivo general	3
2.2.	Objetivos específicos	3
2.3.	Hipótesis	3
3.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1.	Elemento Agua	4
3.2.	Ciclo hidrológico	4
3.3.	Contaminación de agua	5
3.4.	Fuentes de Contaminación del Agua	5
3.4.1.	Fuentes localizadas	5
3.4.2.	Fuentes no localizadas (dispersas)	5
3.4.3.	Fuentes intermitentes	6
3.5.	Tipos de Contaminantes del agua	6
3.5.1.	Contaminación Atmosférica	6
3.5.2.	Contaminación Agrícola y Ganadera	6

3.5.3.	Contaminación Doméstica	7
3.5.4.	Contaminación Industrial	7
3.6.	Efectos sobre la salud Humana	7
3.6.1.	Enfermedades producidas por Agua Contaminada	8
3.6.2.	Control de Calidad de Agua	9
3.7.	Parámetros de Control de Calidad del Agua.	10
3.7.1.	Parámetros de Control Mínimo.	10
3.7.2.	Parámetros de Control Básico.	11
3.7.3.	Parámetros de Control Complementario	12
3.7.4.	Parámetros de Control Especial	13
3.8.	Características físico-químicas del agua	14
3.9.	Protocolos de muestreo para análisis físicos y químicos	17
3.10.	Marco legal	17
4.	MATERIALES Y METODOLOGÍA	20
4.1.	Metodología	20
4.1.1.	Localización del área de estudio	20
4.1.2.	Tipo de Investigación	22
4.1.3.	Ubicación de los puntos de muestreo	22
4.2.	Materiales	24
4.2.1.	Equipos de laboratorio	24
4.2.2.	Materiales de laboratorio	24
4.2.3.	Materiales de escritorio	24
4.3.	Métodos de recolección de muestras	25
4.3.1.	Puntos de muestreo	25
4.3.2.	Identificación de los puntos de muestreo	25
4.3.3.	Pretratamiento y/o limpieza de los envases para análisis físico-químico	25
4.3.4.	Procedimiento de muestreo parámetros físico-químicos	25
4.3.5.	Transporte de las muestras	26
4.3.6.	Conservación de las muestras	26

4.4.	Método de análisis de laboratorio	26
4.4.1.	Determinación del pH	27
4.4.2.	Método de la conductividad	28
4.4.3.	Determinación de la turbidez	28
4.4.4.	Determinación del color	29
4.4.5.	Determinación del manganeso	30
4.4.6.	Determinación del hierro	30
4.4.7.	Determinación de la temperatura	31
4.4.	Diseño experimental	32
5.	RESULTADOS	33
5.1.	Temperatura	33
5.2.	Potencial de hidrogeniones (pH)	35
5.3.	Color	37
5.4.	Conductividad	39
5.5.	Turbiedad	41
5.6.	Manganeso	43
5.7.	Hierro	45
5.8.	Cuadro de Análisis Descriptivo	47
6.	DISCUSION	48
6.1.	Características Físicas	48
6.2..	Características Químicas	50
7.	CONCLUSIONES	51
8.	RECOMENDACIONES	52
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

LISTA DE CUADROS

	Pagina
Cuadro N° 1. Parámetros de Control Mínimo	10
Cuadro N° 2. Parámetros de Control Básico	11
Cuadro N° 3. Parámetros de Control Complementario	12
Cuadro N° 4. Parámetros de Control Especial	13
Cuadro N° 5. Descripción de los puntos de muestreo	23
Cuadro N° 6. Protocolo de muestreo parámetros físico-químicos	26
Cuadro N° 7. Métodos de análisis en laboratorio	27

LISTA DE FIGURA

	Pagina
Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Cobija.	20
Figura 2. Subcuencas en la ciudad de Cobija.	21
Figura 3. Ubicación de la cuenca Arroyo Bahía dentro del municipio de Cobija	21

LISTA DE TABLAS

		Pagina
Tabla 1.	Variación de la temperatura del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.	33
Tabla 2.	Variación del potencial de hidrogenión (pH) del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.	35
Tabla 3.	Color del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.	37
Tabla 4.	Variación de la conductividad del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.	39
Tabla 5.	Variación de la turbiedad del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.	41
Tabla 6.	Variación del manganeso del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.	43
Tabla 7.	Variación de hierro del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.	45

LISTA DE GRAFICOS

		Pagina
Grafico 1.	Temperatura del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.	34
Grafico 2.	Potencial de hidrogenión (pH) del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.	36
Grafico 3.	Color del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.	38
Grafico 4.	Conductividad del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.	40
Grafico 5.	Turbiedad del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.	42
Grafico 6.	Manganeso del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.	44
Grafico 7.	Hierro del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.	46

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal determinar la calidad de agua del arroyo Bahía, principal fuente de abastecimiento y tratamiento para la EPSA Municipal Cobija, mediante análisis físicos y químicos, durante los meses de agosto a noviembre 2018, para lo cual se procedió a realizar análisis de los principales parámetros en laboratorio (color, temperatura, pH, conductividad, turbidez, hierro, manganeso) y comparar los resultados con los límites máximos permisibles de acuerdo a Ley 1333 Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica y Normas Bolivianas, ubicando tres puntos de muestreo previo recorrido por la parte alta y media del arroyo Bahía y verificar los principales factores de contaminación antropogénica que alternan la calidad de agua, el diseño experimental a emplear será la distribución bloques al azar con: tratamientos 3 (puntos de muestreo), repeticiones 4 (número de muestreos por cada punto) y unidades experimentales 12, los datos para categorizar los límites máximos permisibles de cada parámetro fueron analizados mediante la prueba F de Fisher al 5% de probabilidad de error, posteriormente comparadas las medias mediante la prueba de Tukey al 5%, a través del paquete estadístico Assistat 7.7; una vez realizada la investigación y analizados los parámetros pudimos constatar los siguientes datos: Temperatura 27,12°C; pH 5,66; Color 220,0 UCV; Conductividad 20,45 $\mu\text{s}/\text{cm}$; Turbiedad 20,23 UNT; Mg 0,47 mg/l; Fe 1,55 mg/l. todos los parámetros se encuentran fuera del rango de los límites permisibles para descargas líquidas en cuerpos de agua según Ley de Medio Ambiente en Materia de Contaminación Hídrica y Norma Boliviana 512 sin embargo su clasificación en relación a la aptitud de uso conlleva a que si esta apta para ser potabilizada.

ABSTRACT

The main objective of this research project was to determine the water quality of the Bahía stream, the main source of supply and treatment for EPSA Municipal Cobija, through physical and chemical analysis, during the months of August to November 2018, for which to perform analysis of the main parameters in the laboratory (color, temperature, pH, conductivity, turbidity, iron, manganese) and compare the results with the maximum permissible limits according to Law 1333 Regulation on Water Pollution and Bolivian Standards, locating three previous sampling points through the upper and middle part of the Bahía stream and verify the main factors of anthropogenic contamination that alternate water quality, the experimental design to be used will be the distribution of random blocks with: treatments 3 (sampling points), repetitions 4 (number of samples per point) and experimental units 12, the data to categorize the maximum permissible limits of each parameter were analyzed by the Fisher's F test at 5% error probability, subsequently comparing the means using the Tukey test at 5%, through the statistical package Assistat 7.7; Once the research was carried out and the parameters analyzed, we could verify the following data: Temperature 27,12°C; pH 5.66; Color 220.0 UCV; Conductivity 20.45 $\mu\text{s} / \text{cm}$; Turbidity 20.23 UNT; Mg 0.47 mg / l; Fe 1.55 mg / l. all the parameters are outside the range of the permissible limits for liquid discharges in bodies of water according to the Law on the Environment in the Matter of Water Pollution and Bolivian Standard 512, however, its classification in relation to the aptitude of use entails that if it is suitable to be made potable.

.

1. INTRODUCCIÓN

El mayor problema del siglo XXI es el de la calidad y gestión del agua, tanto si se trata de salud o de saneamiento, incluso donde hay suficiente agua para satisfacer las necesidades actuales, muchos ríos, lagos y acuíferos están cada vez más contaminados. (UNESCO, 2003)

En la actualidad, 4200 millones de personas tienen agua corriente; 2400 millones obtienen agua de otras fuentes mejoradas de abastecimiento, como grifos públicos, pozos protegidos y perforaciones. 663 millones de personas se abastecen de fuentes no mejoradas; de ellas, 159 millones dependen de aguas superficiales. En todo el mundo, al menos 1800 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable que está contaminada por heces. (OPS, 2015)

Según Norma Boliviana 512, caracterizar la calidad del agua a través de la definición de los valores máximos aceptables de los parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es fundamental para proteger la salud pública. La estructura de la norma toma en consideración la importancia sanitaria de los parámetros a analizar, la calidad y la sensibilidad de las fuentes utilizadas para la producción de agua para consumo humano.

El Instituto Nacional de Estadística (INE), indica que en el departamento de Pando la procedencia del agua que utilizan por vivienda son; por cañería de red 10.415, por pileta pública 1.385, carro repartidor 280, pozo o noria 7.103, río, lluvia, vertiente, acequia 5.182 y otro (lago, laguna, curichi) 1.000 viviendas.

Datos Estadísticos del Censo 2012 señalan que la procedencia del agua utilizada en las viviendas del Municipio de Cobija son: por cañería de red 8.388, pileta pública 707, carro repartidor (aguatero) 265, pozo o noria 2.285, lluvia, río,

vertiente, acequia 607 y otros (lago, laguna, curichi) (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA-PANDO, 2012).

Según la OMS es importante conocer el origen de las variaciones de la calidad del agua bruta, ya que influirá en las necesidades de tratamiento, en la eficacia del mismo y en el consiguiente riesgo para la salud asociado al agua tratada. En general, en la calidad del agua bruta influyen factores tanto naturales como derivados del uso humano.

El arroyo Bahía es la principal fuente de abastecimiento de agua potable para el municipio de Cobija, actualmente se ha visto afectada por distintas Actividades, Obras o Proyectos (AOP's), que se encuentran asentadas alrededor del arroyo, ocasionando la degradación de la calidad de agua debido a la descarga de sus aguas residuales, estas actividades antropogénicas aguas arriba afectan a diferentes zonas del arroyo y al uso primordial que se da a este recurso, según Normas Bolivianas, cada cuenca cuenta con límites máximos permisibles en cuerpos receptores. Mediante análisis físicos y químicos se determinará si efectivamente el agua que es utilizada para el suministro destinado al consumo humano, cumple con los estándares para cuerpos receptores de acuerdo al Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica y la Norma Boliviana 512.

Existen procesos naturales que permiten a los cuerpos de agua tener una capacidad de auto purificarse, sin embargo, cuando el cuerpo de agua recibe descargas que sobrepasan los límites para la reducción de contaminantes es cuando sabemos que su recuperación se verá afectada y el objetivo principal al que está siendo destinada requerirá de la intervención de un estudio de calidad de agua.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Determinar la calidad físico química de agua del arroyo Bahía, principal fuente de abastecimiento y tratamiento para la EPSA Municipal Cobija, mediante análisis de laboratorio, durante los meses de agosto a noviembre 2018.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis de parámetros físicos químicos de color, temperatura, pH, conductividad, turbidez, hierro, manganeso del agua en laboratorio de la EPSA Municipal Cobija.
- Comparar los resultados con los límites máximos permisibles de acuerdo a Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica y Normas Bolivianas.

2.3. Hipótesis.

Las concentraciones elevadas de los contaminantes en el arroyo Bahía, son atribuibles a factores externos e internos que provocan la alteración de la calidad del agua.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

3.1. Elemento Agua

El agua es la sustancia que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso. La mayor reserva de agua está en los océanos, que contienen el 97% del agua que existe en la Tierra. Se trata de agua salada, que sólo permite la vida de la flora y fauna marina. El resto es agua dulce, pero no toda está disponible: gran parte permanece siempre helada, formando los casquetes polares y los glaciales. (FAO, 1996).

Del porcentaje total de agua dulce casi el 79% se encuentra en forma de hielo permanente en los hielos polares y glaciares, por lo tanto no está disponible para su uso. Del agua dulce en estado líquido, el 20% se encuentra en acuíferos de difícil acceso por el nivel de profundidad en el que se hallan (algunos casos superan los 2.000 metros bajo el nivel del mar). Sólo el 1% restante es agua dulce superficial de fácil acceso. Esto representa el 0,025% del agua del planeta. (PNUMA, 2003).

Un estudio realizado por el Programa Mundial de Evaluación de Recursos Hídricos de la UNESCO, revela que Bolivia tiene la mayor reserva acuífera de América Latina ocupando el puesto número 16 a nivel mundial, sin embargo, es el 67 de un total de 122 países en términos de calidad de agua. (PROGRAMA MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS, 2003)

3.2. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico “supone un movimiento o transferencia de masas de agua de forma continua como consecuencia de un flujo energético” (Pulido-Bosch, 2007). El ser humano es un agente activo del ciclo. El hombre ha intervenido en

el ciclo del agua y lo ha logrado adaptar a sus necesidades (Toledo, 2006). La construcción de grandes presas, la sobreexplotación de los acuíferos, la promoción de la condensación y posterior precipitación del agua o la depuración de la misma, ejemplifican este hecho. El final del ciclo hidrológico en la mayor parte de los libros de texto es el mar. Si bien cabe destacar que el ciclo, como su nombre indica, no tiene inicio ni fin, sino que es una sucesión de procesos y movimientos que sufre el agua. (Miguel, Q. Lado, J.J. Martínez, V. Leal, M. García, R., 2009)

3.3. Contaminación de agua

Alteración de las propiedades físico-químicas y/o biológicas del agua por sustancias ajenas, por encima o debajo de los límites máximos o mínimos permisibles, según corresponda, de modo que produzcan daños a la salud del hombre deteriorando su bienestar o su medio ambiente. (LEY DEL MEDIO AMBIENTE 1333, 1992).

3.4. Fuentes de Contaminación del Agua

3.4.1. Fuentes localizadas:

Vertido de residuos a una masa de agua receptora en un lugar específico, por ejemplo, a través de una alcantarilla o algún tipo de salida de un sistema cerrado. (O.I.T., 2001)

3.4.2. Fuentes no localizadas (dispersas):

Contaminación de una masa de agua receptora procedente de fuentes dispersas en la cuenca hidrográfica, como ocurre en el caso de la escorrentía de la lluvia que fluye a un curso de agua. (O.I.T., 2001). Las fuentes no localizadas reciben también el nombre de aguas “difusas”, es 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. (F.A.O., 1997).

3.4.3. Fuentes intermitentes:

Contaminación procedente de un punto o una fuente que sólo se descarga en determinadas circunstancias, como, por ejemplo, en condiciones de sobrecarga. Ejemplos típicos de estas fuentes son los desbordamientos de aguas residuales durante períodos de lluvias fuertes. (O.I.T., 2001).

3.5. Tipos de Contaminantes del agua

3.5.1. Contaminación Atmosférica

Los núcleos urbanos e industriales emiten cantidades elevadas de partículas sólidas en suspensión y de gases a la atmósfera (CO_2 , CO , O_3 , SO_2 , NO_x). Algunos de estos especialmente partículas y gases ácidos contribuyen a la contaminación ya que el agua las disuelve o arrastra al llover, generando entre otros problemas la conocida lluvia ácida. (Institut Català de Tecnologia, 1993).

3.5.2. Contaminación Agrícola y Ganadera

Algunas actividades agrícolas dependientes de altos insumos pueden contribuir de forma significativa a la contaminación del agua potable, debido a las cantidades de fertilizantes y plaguicidas aplicados anualmente. En el caso de la utilización de fertilizantes, frecuentemente hay un volumen de nitrógeno residual no asimilado por las plantas y que por lixiviación se conduce hasta la zona de saturación de agua, donde se acumula en forma de nitratos. También, los lixiviados de estiércol de ganado contribuyen a la contaminación de las aguas subterráneas por medio de los nitratos. Además de este anión, es frecuente encontrar en el agua potable otros aniones como los cloruros y los sulfatos. (Abarca & Mora, 2007).

3.5.3. Contaminación Doméstica

La contaminación de las aguas debida a actividades urbanas, es consecuencia de la inadecuada eliminación y ubicación de los residuos, junto a las aguas residuales urbanas procedentes de usos domésticos (limpieza y cocina) y sanitarios, así como de la limpieza de calles. Las aguas residuales urbanas contienen fundamentalmente contaminantes orgánicos procedentes de vertidos de residuos sólidos, efluentes líquidos domésticos, lavado viario, fugas de colectores y alcantarillas, fosas sépticas, así como papeles, detergentes, aceites, restos de plásticos, etc.; también bacterias, virus y otros microorganismos acompañando a algunos de los anteriores. (Cabello & Ramírez, 2001).

3.5.4. Contaminación Industrial

Las industrias que utilizan materias primas orgánicas son las principales contribuyentes a la contaminación orgánica, mientras que las industrias del petróleo, el acero y la minería representan el mayor riesgo en la liberación de metales pesados. Gran parte de las aguas residuales industriales se vierten sin tratamiento en los cursos de agua abiertos, lo cual reduce la calidad de grandes volúmenes de agua y, a veces, se infiltran en los acuíferos y contaminan los recursos hídricos subterráneos. (UNESCO, 2009).

3.6. Efectos sobre la salud Humana

Desde siempre la mayor preocupación ha consistido, y consiste, en que el agua sea potable lo que significa que tenga condiciones que permitan su consumo por el ser humano, esto es, que se encuentre libre de contaminantes de cualquier tipo, cuando no se cumplen con estas condiciones, no tardan en aparecer trastornos en la salud de la población cuyo origen puede deberse

tanto a contaminantes biológicos, produciendo infecciones de rápida manifestación, como a contaminantes químicos cuyos efectos muchas veces se detectan solo con el paso de los años, ya que actúan de modo acumulativo sobre nuestros tejidos. (Fernández, 2010).

Los riesgos a corto plazo son el resultado de la contaminación del agua por elementos químicos o microbiológicos. Un par de bocados de alimentos contaminados o un vaso de agua contaminada pueden causar síntomas cuya gravedad depende de la vulnerabilidad del consumidor y de la naturaleza del agente de infección. Además, estos casos de contaminación directa o indirecta a menudo se agravan por falta de higiene personal. (CLAI, PNUMA, 2003).

3.6.1. Enfermedades producidas por Agua Contaminada

a) Enfermedades transmitidas por el agua

Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos (protozoos y helmintos). La carga para la salud pública es función de la gravedad de la enfermedad o enfermedades relacionadas con los agentes patógenos, de su infectividad y de la población expuesta. Un fallo general del sistema de protección de la seguridad del abastecimiento de agua puede ocasionar una contaminación a gran escala del agua y, potencialmente, epidemias detectables. Otras averías y la contaminación leve, posiblemente en ocasiones repetidas, pueden ocasionar brotes esporádicos significativos de enfermedades, pero no es probable que las autoridades de vigilancia de la salud pública los asocien con la fuente de abastecimiento de agua de consumo. La evaluación y cuantificación de los riesgos puede ayudar a comprenderlos y gestionarlos, sobre todo los relacionados con casos de enfermedad esporádicos. (OMS, 2006).

b) Enfermedades con base en el agua

Los causantes de las enfermedades con base en el agua, son organismos que pasan parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales. Estos organismos pueden prosperar tanto en aguas contaminadas como no contaminadas. Como parásitos, generalmente toman forma de gusanos y se valen de vectores animales intermediarios (como los caracoles) para prosperar, y luego infectan directamente al hombre, penetrando a través de la piel o al ser ingeridos. Son enfermedades con base en el agua la ascariasis, dracunculosis, paraginimiasis, clonorquiasis y esquistosomiasis. Los causantes de estas enfermedades son una variedad de gusanos trematodos, tenias, vermes cilíndricos y nemátodos vermiformes, denominados colectivamente helmintos, que infectan al hombre. Aunque estas enfermedades generalmente no son mortales, pueden ser extremadamente dolorosas e impiden trabajar a quienes las padecen, e incluso a veces impiden el movimiento. En América Latina, tienen importancia la ascariasis y la paraginimiasis. (Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental).

c) Enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua

El mal almacenamiento del agua o las aguas estancadas, favorecen el crecimiento de insectos como moscos y zancudos que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas. Esos vectores infectan al ser humano con paludismo, fiebre amarilla y dengue. (GIZ, PROAPAC, 2011).

3.6.2. Control de Calidad de Agua

El control de la calidad del agua puede definirse como “el conjunto de actividades ejercidas en forma continua por el abastecedor con el objetivo de verificar que la calidad del agua suministrada a la población cumpla con la

legislación”, el abastecedor de agua es responsable de la calidad del agua que produce y distribuye, y de la seguridad del sistema que opera. Ello es posible a través de una combinación de mantenimiento preventivo y de buenas prácticas operativas, apoyado por la evaluación continua de la calidad de las fuentes, de los procesos de tratamiento y del sistema de distribución, conjuntamente con las inspecciones sanitarias, lo que asegura la buena calidad del agua y la ausencia de su recontaminación en el sistema de distribución. Normalmente, al abastecedor público o privado se le asigna un área de suministro y su responsabilidad, desde el punto de vista de la calidad del producto entregado (agua con la calidad establecida en las normas legales), abarca desde la salida de la planta de tratamiento o de los pozos de abastecimiento de agua hasta el ingreso a la vivienda del usuario. La calidad del agua en el domicilio es responsabilidad de los habitantes de la vivienda. (CEPIS, OMS, OPS, 2002).

3.7. Parámetros de Control de Calidad del Agua.

En atención a la Norma Boliviana NB 512, los parámetros de control de calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA, se agrupan de acuerdo a su factibilidad técnica y económica en los siguientes grupos:

Control Mínimo, Control Básico, Control Complementario y Control Especial.

3.7.1. Parámetros de Control Mínimo.

Los parámetros de Control Mínimo de la calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA, se presentan en la Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1. Parámetros de Control Mínimo

Parámetro	Valor máximo aceptable
pH	6,5 – 9,0
Conductividad	1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}^*$
Turbiedad	5 UNT
Cloro residual	0,2 – 1,0 mg/l

Coliformes termoresistentes** <i>Escherichia coli</i> **	< 1 UFC/100 ml < 1 UFC/100ml < 2 NMP/100ml
---	--

Fuente: Norma Boliviana 512

* El valor máximo aceptable de la conductividad, se puede expresar también como 1.000 mg STD/l.

** Para el cumplimiento del Control Mínimo, es suficiente realizar uno de estos dos ensayos, ya que ambos identifican la presencia de bacterias.

La temperatura, se debe medir en el punto de muestreo y en laboratorio a tiempo de realizar los análisis. Sirve como referencia para los análisis microbiológicos y para el cálculo del Índice de Langelier.

3.7.2. Parámetros de Control Básico.

Los parámetros de Control Básico de la calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA, se presentan en la Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2. Parámetros de Control Básico

Parámetro	Valor máximo aceptable
Físicos	
Color	15 UCV
Químicos	
Sólidos totales disueltos	1.000 mg/l
Químicos Inorgánicos	
Alcalinidad total	370,0 mg/l de CaCO ₃
Calcio	200,0 mg/l
Cloruros	250,0 mg/l
Dureza	500,0 mg/l de CaCO ₃
Hierro total	0,3 mg/l
Magnesio	150,0 mg/l
Manganeso	0,1 mg/l
Sodio	200,0 mg/l
Sulfatos	400,0 mg/l

Fuente: Norma Boliviana 512

3.7.3. Parámetros de Control Complementario.

Los parámetros de Control Complementario de la calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA, se presentan en la Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3. Parámetros de Control Complementario

Parámetro	Valor máximo aceptable
a) Químicos Inorgánicos	
Aluminio	0,1 mg/l
Amoníaco	0,5 mg/l
Arsénico	0,01 mg/l
Boro	0,3 mg/l
Cobre	1,0 mg/l
Fluoruro	1,5 mg/l
Nitritos	0,1 mg/l
Nitratos	45,0 mg/l
Plomo	0,01 mg/l
Zinc	5,0 mg/l
b) Microbiológicos	
Bacterias	
Coliformes totales	< 1 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>	< 1 UFC/100 ml
Heterotróficas	500 UFC/100 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	< 1 UFC/100 ml
<i>Clostridium perfringens</i>	< 1 UFC/100 ml
Parásitos	Ausencia
Cryptosporidium sp.	Ausencia
Giardia sp.	Ausencia

Fuente: Norma Boliviana 512

3.7.4. Parámetros de Control Especial.

Los parámetros de Control Especial de la calidad del agua para consumo humano que deben realizar las EPSA, se presentan en la Cuadro N° 4. Estos parámetros serán realizados en situaciones de desastre o en casos especiales de acuerdo con el historial de la fuente y/o región, o cuando así lo vean por conveniente las EPSA y/o la Autoridad Reguladora del sector.

Cuadro N° 4. Parámetros de Control Especial

Parámetro	Valor máximo aceptable
Químicos Inorgánicos	
Antimonio	0,005 mg/l
Bario	0,7 mg/l
Cadmio	0,005 mg/l
Cianuro	0,07 mg/l
Cromo Total	0,05 mg/l
Mercurio	0,001 mg/l
Níquel	0,05 mg/l
Sabor y olor	Aceptable
Selenio	0,01 mg/l
Subproductos de la Desinfección	
Trihalometanos totales (THM)	100 µg/l
Químicos Orgánicos	
Plaguicidas	
Plaguicidas totales	0,5 µg/l
Plaguicidas individuales(*)	0,1 µg/l
Hidrocarburos	
Hidrocarburos totales (TPH)	10,0 µg/l
Benceno	2,0 µg/l
Tolueno	700,0 µg/l
Etilbenceno	300,0 µg/l
Xileno	500,0 µg/l
Benzo(a)pireno	0,2 µg/l
Radiactivos	
Radiactividad alfa global	0,10 Bq/l (**)
Radiactividad beta global	1,0 Bq/l (**)
Químicos Orgánicos	
Acrilamida	0,5 µg/l
Epiclorohidrina	0,4 µg/l
Cloroformo	100,0 µg/l
Cloruro de vinilo	2,0 µg/l
Fenol	2,0 µg/l

Fuente: Guías de la OPS/OMS 1995

(*) Existen plaguicidas cuyos valores individuales pueden superar el valor máximo aceptable individual o la suma de sus valores individuales superar el valor máximo total. (**) Bq = Bequerelio.

3.8. Características físico-químicas del agua

Las aguas naturales, al estar en contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de los mismos por disolución o arrastre, o incluso, en el caso de ciertos gases, por intercambio. A esto es preciso unir la existencia de un gran número de seres vivos en el medio acuático que interrelacionan con el mismo mediante diferentes procesos biológicos en los que se consumen y desprenden distintas sustancias. La composición química natural de las aguas puede verse alterada por actividades humanas: agrícolas, ganaderas e industriales, principalmente. Estas incorporaciones ocasionan la degradación de la calidad del agua provocando diferentes efectos negativos como la modificación de los ecosistemas acuáticos la destrucción de los recursos hidráulicos riesgos para la salud incremento del coste del tratamiento del agua para su uso daño en instalaciones (incrustaciones, corrosiones, etc.) destrucción de zonas de recreo. (Universidad Politécnica de Cartagena, 2008).

a) Color

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El agua pura es bastante incolora sólo aparece como azulada en grandes espesores. En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales: Color amarillento debido a los ácidos húmicos. Color rojizo, suele significar la presencia de hierro. Color negro indica la presencia de manganeso. El color, por sí mismo, no descalifica a un agua como potable pero la puede hacer rechazable por estética, en aguas de proceso puede colorear el producto y en circuito cerrado algunas de las sustancias colorantes hacen que se produzcan espumas. . Las medidas de color se hacen en laboratorio por comparación, y se suelen medir en ppm de Pt. La eliminación suele hacerse por

coagulación-floculación con posterior filtración o la absorción en carbón activo. (Quesada & Kucherenko, 2014).

b) Temperatura

El agua fría tiene, por lo general, un sabor más agradable que el agua tibia, y la temperatura repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar al sabor. La temperatura alta del agua potencia la proliferación de microorganismos y puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. (OMS, 2004)

c) Conductividad

Al determinar la conductividad se evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (cuenca). (Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos, 2007)

d) pH

El pH puede definirse como una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. La acidez aumenta cuando el pH disminuye. Una solución con un pH menor a 7 se dice que es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra. El pH afecta procesos químicos y biológicos en el agua. La mayor parte de los organismos acuáticos prefieren un rango entre 6,5 y 8,5. pHs por fuera de este rango suele determinar disminución en la diversidad, debido al estrés generado en los organismos no adaptados. (Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos , 2007).

e) Turbiedad

La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz. Las aguas turbias tienen, por supuesto, una actividad fotosintética más débil, lo que afecta a la producción de fitoplancton y también a la dinámica del sistema. La turbidez del agua interfiere con usos recreativos y el aspecto estético del agua. La turbidez constituye un obstáculo para la eficacia de los tratamientos de desinfección, y las partículas en suspensión pueden ocasionar gustos y olores desagradables por lo que el agua de consumo debe estar exenta de las mismas. (Hernández, 2015)

a) Manganeseo

Los compuestos del manganeso existen de forma natural en el ambiente como sólidos en suelos y pequeñas partículas en el agua. Las partículas de manganeso en el aire están presentes en las partículas de polvo. Estas usualmente se depositan en la tierra en unos pocos días. Los humanos aumentan las concentraciones de Manganeseo en el aire por las actividades industriales y a través de la quema de productos fósiles. El Manganeseo que deriva de las fuentes humanas puede también entrar en la superficie del agua, aguas subterráneas y aguas residuales. A través de la aplicación del Manganeseo como pesticida el Manganeseo entrará en el suelo. (Llenntech, 2001)

b) Hierro

El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0,5 a 50 mg/l. También puede haber hierro en el agua de consumo debido a la utilización de

coagulantes de hierro o a la corrosión de tuberías de acero o hierro colado durante la distribución del agua. (OMS, 2004)

3.9. Protocolos de muestreo para análisis físicos y químicos

Las EPSA deben garantizar que el muestreo, manipuleo, preservación, transporte, almacenaje y el análisis de la muestra sean realizados de acuerdo a la Norma Boliviana NB 496 “Agua Potable – Toma de Muestras”.

A continuación se mencionan los requisitos más relevantes:

- a) Que los frascos de muestreo sean preparados de acuerdo con los procedimientos que se utilizan para la toma de muestras.
- b) Que la muestra sea representativa de la calidad de agua de la fuente o zonas de abastecimiento a tiempo de tomar la muestra.
- c) Que la muestra no sea contaminada durante el muestreo.
- d) Que la muestra sea mantenida a una temperatura y condiciones asegurando que no se presente ninguna alteración natural del valor o concentración, para la medición u observación a la cual la muestra esté destinada.
- e) Que la muestra sea tomada por una persona capacitada y con experiencia en la toma de muestras de agua.
- f) Que la muestra sea analizada tan pronto como sea posible en un plazo no mayor a 48 horas después de su toma y de acuerdo con Procedimientos Normalizados (PNO).
- g) Para variables no conservativas el análisis se realiza in-situ.

3.10. Marco legal

a) Constitución Política del Estado (CPE)

La Constitución Política del Estado (CPE), formula y ejecuta una política de los recursos hídricos, garantizando al uso adecuado y sustentable del agua en

todos sus estados y para cada uno de sus habitantes. La modificación de la Constitución Política del Estado (Ley de 13 de abril de 2004), en su artículo 136º, establece claramente la tuición de Estado en relación al agua.

- I. “Son de dominio originario del Estado, además de los bienes a los que la ley les da esa calidad, el suelo y el subsuelo con todas sus riquezas naturales, las aguas lacustres, fluviales y medicinales, así como los elementos y fuerzas físicas susceptibles de aprovechamiento.”

La Ley compatibilizara estas funciones con las atribuciones de los Poderes del Estado. El inciso III puede muy bien aplicarse en el manejo y resolución de conflictos en torno a la gestión del agua, utilizando sus “usos y costumbres” como marco normativo.

b) Ley N° 1333 del Medio Ambiente; Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

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 la cual 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 los cuerpos de agua, las instancias ambientales dependientes del gobernador deberán proponer una clasificación, adjuntando la documentación suficiente para comprobar la pertinencia de dicha clasificación. Esta documentación contendrá como mínimo: Análisis de aguas del curso receptor a ser clasificado, que incluya al menos los parámetros básicos, fotografías que documenten el uso actual del cuerpo receptor, investigación de

las condiciones de contaminación natural y actual por aguas residuales crudas o tratadas, condiciones biológicas, estudio de las fuentes contaminantes actuales y la probable evolución en el futuro en cuanto a la cantidad y calidad de las descargas.

c) Norma Boliviana NB 512

La calidad del agua con destino al consumo humano tiene implicaciones importantes sobre los aspectos sociales y económicos que actúan indirectamente sobre el desarrollo de un país.

Caracterizar la calidad del agua a través de la definición de los valores máximos aceptables de los parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es fundamental para proteger la salud pública.

La estructura de la norma toma en consideración la importancia sanitaria de los parámetros a analizar, la calidad y la sensibilidad de las fuentes utilizadas para la producción de agua para consumo humano.

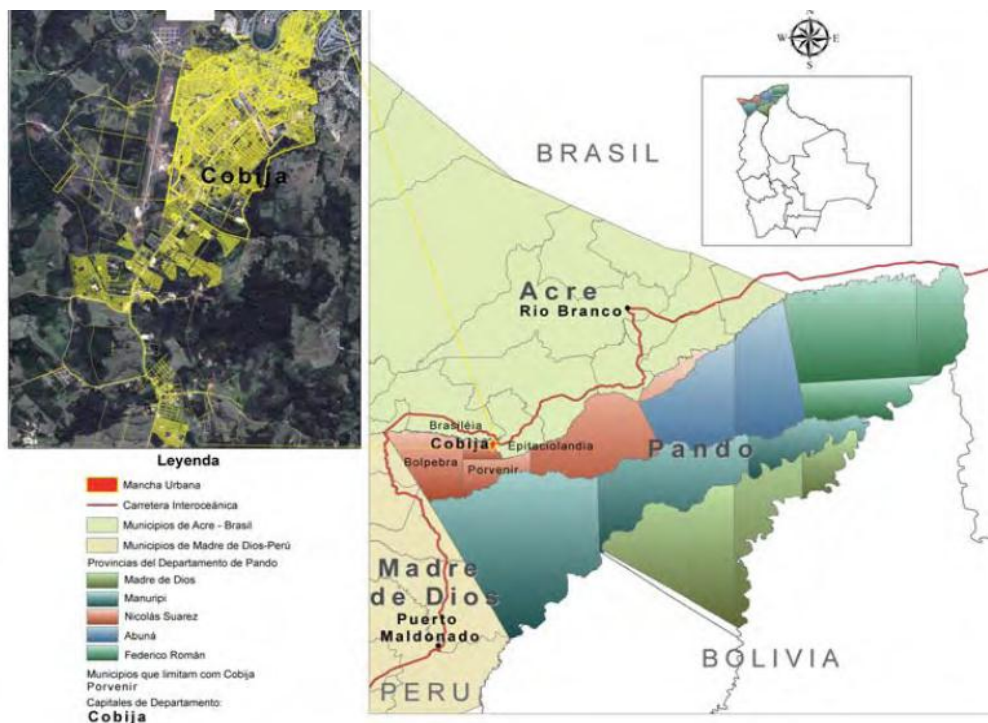
4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1. Metodología

4.1.1. Localización del área de estudio

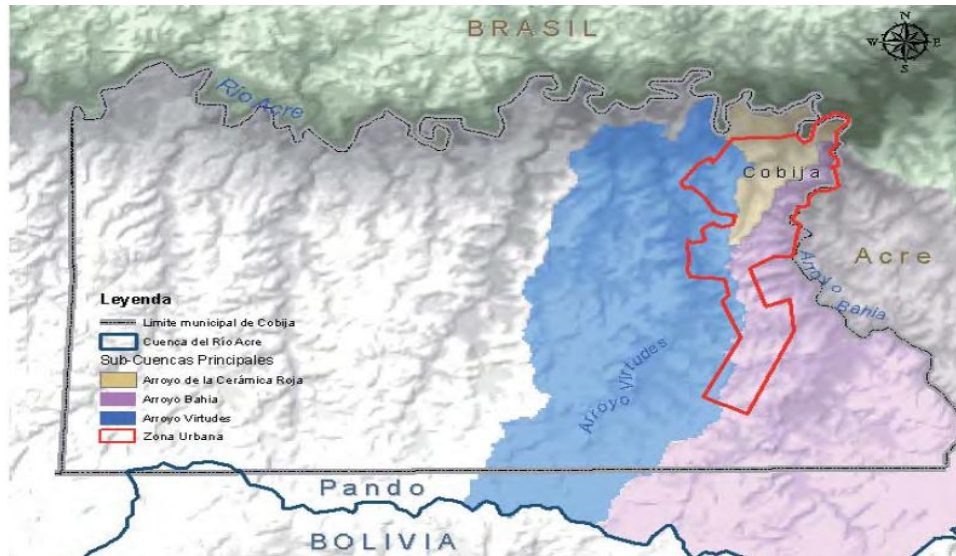
El proyecto se realizó en el Arroyo Bahía, afluente al río Acre, arroyo que define la delimitación de la frontera este entre Brasil y Bolivia. La cuenca de este arroyo, tiene un área aproximada de 185 km² de los cuales, 35% de su área se encuentra en el Municipio de Cobija y 31% en el municipio de Porvenir. El restante de su área se encuentra en territorio brasileño, en el municipio de Epitaciolândia, en el Estado Federal del Acre. Cerca de 50% de la ciudad de Cobija se encuentra dentro de esta micro-cuenca. (PNUMA, HERENCIA, 2008).

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Cobija.



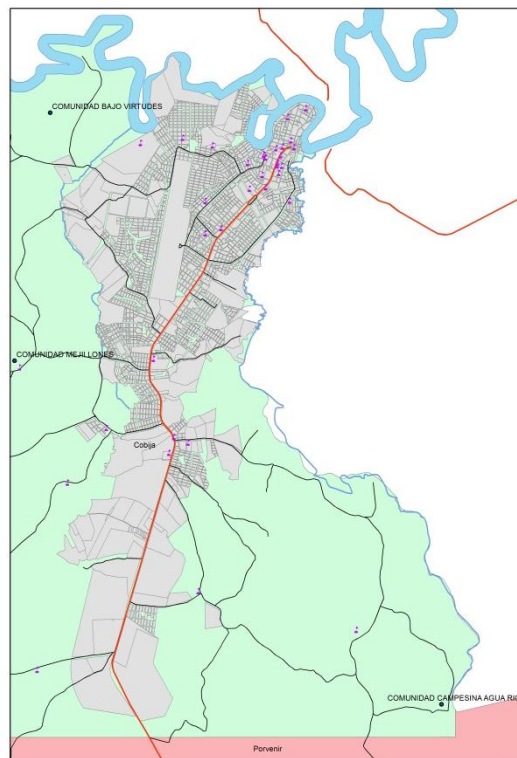
Fuente: Datos vectoriales del ZONISIG-Pando (1997), ZEE-AC (2006) e ZEE-Madre de Dios (2002).

Figura 2. Subcuencas en la ciudad de Cobija.



Fuente: Datos vectoriales del ZONISIG-Pando (1997).

Figura 3. Ubicación de la cuenca Arroyo Bahía dentro del municipio de Cobija



Fuente: Datos Instituto Geográfico Militar; IGM-Pando (1997).

4.1.2. Tipo de Investigación

La investigación que se realizó es de tipo experimental, según (Bernal, 2010), se caracteriza porque en ella el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, en tanto que los objetos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismos o técnicas para probar su hipótesis.

El enfoque de la investigación pertenece al método cuantitativo y estará basada a partir de la recolección de datos de fuentes primarias.

4.1.3. Ubicación de los puntos de muestreo

Los parámetros físicos y químicos seleccionados se fundamentaron con Normas Bolivianas en cuanto a Control de Calidad para consumo humano (NB-512) como también con el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Ley 1333; debido a que son parámetros de control básico que la EPSA Cobija debe cumplir previo al proceso de potabilización, la percepción de los consumidores están expuestas principalmente a la aceptabilidad de estos parámetros ya que son los más propensos a sentirse, si bien un parámetro ya sea físico o químico nos da una perspectiva de las causas que podrían alterar la calidad del agua es necesario realizar una evaluación del origen externo que la contamina.

Es por ello que para la ubicación de los puntos de muestreo se realizó un previo recorrido por la parte alta y media del arroyo Bahía esto para identificar el área de estudio y tener una perspectiva de la representatividad de cada punto de muestreo, como también para verificar los principales factores de contaminación antropogénica que alteran la calidad de agua, para lo cual se seleccionaron tres puntos de muestreo. Cuadro N° 5

En cada sitio de muestreo se realizó cuatro tomas de muestra, una por mes, durante un periodo de cuatro meses, tomando en cuenta que la alteración de la calidad de las aguas del arroyo se vio afectada por distintas condiciones climatológicas, como también al arrastre de agentes contaminantes hacia el arroyo, y a los procesos de infiltración de lixiviados, principalmente generados en el ex botadero Municipal de Cobija.

Cuadro N° 5. Descripción de los puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	PARAMETROS FISICO-QUIMICO	NUMERO DE MUESTREOS	PERIODO DE MUESTREO
1. 100 MT. ANTES DEL EX BOTADERO MUNICIPAL DE COBIJA.	Color Temperatura pH Conductividad Turbidez Hierro Manganeso	Una muestra por mes	Las muestras se recolectarán durante un intervalo de 4 meses.
2. 100 MT. POSTERIOR AL EX BOTADERO MUNICIPAL DE COBIJA	Color Temperatura pH Conductividad Turbidez Hierro Manganeso	Una muestra por mes	Las muestras se recolectarán durante un intervalo de 4 meses.
3. OBRA DE TOMA ACTUAL EPSA-COBIJA	Color Temperatura pH Conductividad Turbidez Hierro Manganeso	Una muestra por mes	Las muestras se recolectarán durante un intervalo de 4 meses.

FUENTE: Elaboración propia (2018)

4.2. Materiales

4.2.1. Equipos de Laboratorio

Ph-metro

Conductivimetro

Turbidimetro

Espectrofotómetro

Colorímetro

GPS-Navegador

4.2.2. Materiales de laboratorio

Matraces Erlenmeyer con tapa rosca

Vasos de precipitado

Pipetas aforadas y pipetas de 10 ml.

Micropipetas

Tip

Guantes de latex

Conservadoras

Frascos de polietileno

4.2.3. Materiales de escritorio

Computadora

Impresora

Marcadores de vidrio

Cámara fotográfica

Papel bond

Lápices y lapiceros

4.3. Métodos de recolección de muestras

Los métodos para la recolección de muestras se basaron en función a Norma Boliviana 496 Agua Potable-Toma de Muestras, a continuación se detallara todo el proceso:

4.3.1. Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se registraron mediante una planilla detallada. **Anexo A.**

4.3.2. Identificación de los puntos de muestreo

Todas las muestras se etiquetaron con los datos correspondientes, detallados en **Anexo B.**

4.3.3. Pretratamiento y/o limpieza de los envases para análisis físico-químico

Los envases para análisis físico-químico estuvieron perfectamente limpios, libres de cualquier residuo químico. En el momento de la toma de muestras, se enjuago el envase con el agua a muestrear.

4.3.4. Procedimiento de muestreo parámetros físico-químicos

La toma de muestra se realizó donde el agua se encontraba en circulación, no es recomendable muestrear desde donde se encuentra estancada. Las seis muestras se extrajeron periódicamente en el mismo lugar. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2012). Cuadro N° 6

Cuadro Nº 6. Protocolo de muestreo parámetros físico-químicos

N	Actividad	Descripción
1	Preparación de los frascos	Se prepararon los frascos de polietileno con una capacidad de 2 "l"; La recolección de muestras para analizar pH se debe tomar en un frasco de 300 ml.
2	Codificación del frasco de muestreo	Se codifico el frasco de muestreo (fecha y el código de la muestra correspondiente)
3	Enjuague del frasco	Se enjuago el frasco dos (2) a tres (3) veces con la misma muestra.
4	Extracción de la muestra	Se llenó el frasco hasta que rebalse.
5	Cierre del frasco	Se tapó el frasco con sumo cuidado para que no queden burbujas en su interior.
6	Registro de datos	Se registró en las planillas de muestreo, la fecha, hora, temperatura y otros datos que puedan influir en las determinaciones analíticas.
7	Transporte de la muestra	Transporte el/los frasco(s) en conservadores con hielo.

FUENTE: Norma Boliviana 496; Agua Potable - Toma de Muestras.

4.3.5. Transporte de las muestras

Una vez realizada la toma de muestra se llevó inmediatamente al laboratorio para su respectivo análisis antes de transcurrir la 72 hrs. Se transportaron las muestras en cajas adecuadas, para evitar las pérdidas de muestras por transporte.

4.3.6. Conservación de las muestras

Las muestras se refrigeraron, manteniendo los recipientes con hielo u otro sistema de enfriamiento durante el tiempo que dure su transporte al laboratorio.

4.4. Método de análisis de laboratorio

Para el análisis físico-químico se consideraron los siguientes parámetros con los respectivos métodos de análisis. Cuadro Nº 7.

Cuadro N° 7. Métodos de análisis en laboratorio

N°	PARÁMETRO	MÉTODO
1	Color	Espectrofotométrico
2	Temperatura	Termómetro
3	pH	Electrométrico
4	Conductividad	Electrométrico
5	Turbidez	Nefelométrico
6	Hierro	Espectrofotométrico
7	Manganeso	Espectrofotométrico

Fuente: Laboratorios de EPSA-Cobija

Según el Manual de procedimientos analíticos para aguas de la EPSA se determinaron los siguientes parámetros:

4.4.1. Determinación del pH

Preparación del equipo

Conectar el electrodo de pH al equipo

Encender el equipo 15 minutos antes de efectuar la medición

Enjuagar el electrodo con agua destilada

Luego se debe realizar primeramente el calibrado del pHmetro con los tres Buffer 4,7 y 10 del equipo.

Medida del pH

- a) Enjuagar el electrodo del pH con una o más porciones de la agua a analizar o con agua destilada.
- b) Introducir el electrodo de la muestra de tal manera que no queden retenidas burbujas de aire.
- c) Medir el pH de la muestra indicando la temperatura de la misma.
- d) Realizar la medición por duplicado sin agitar para minimizar la entrada de dióxido de carbono u otros componentes volátiles los cuales alteran el valor del pH.

- e) Una vez finalizada la medición enjuagar y secar suavemente en los electrodos y proceder a ubicarlos en la solución de preserva de los mismos.

4.4.2. Determinación de la conductividad

Preparación del equipo

Conectar el electrodo de conductividad al equipo.

Encender el equipo

Enjuagar el electrodo con agua destilada

Medida de la conductividad

- a) Enjuagar el electrodo de conductividad con una o más porciones de la muestra a analizar o con agua destilada.
- b) Introducir el electrodo a la muestra de tal manera que no queden retenidas burbujas de aire.
- c) Verificar la temperatura de la muestra a 25.0 más menos 0.1 grados centígrados o realizar las correcciones necesarias para que el valor quede determinado a 25 grados centígrados.
- d) Medir la resistencia o la conductividad de la muestra

4.4.3. Determinación de la turbidez

Preparación del equipo

Conectar el equipo.

Encender el equipo.

Luego se debe realizar primeramente el calibrado del turbidímetro con los estándares de calibración de 0.2 coma 10,100 y 1750 NTU.

Medida de la turbiedad

- a) Realizar la calibración del equipo de acuerdo al manual de instrucciones. Una vez calibrado, proceder a las lecturas de turbidez de las diferentes muestras.
- b) Para las lecturas se debe llenar las cubetas del equipo y proceder luego con la medición determinación.

4.4.4. Determinación color

Preparación del equipo

Encender el equipo.

Luego se debe esperar la calibración interna.

Se debe seleccionar en el equipo el análisis que se desea realizar.

Medida de color

- a) Primeramente se debe realizar la medición de un blanco que en este caso será agua destilada para la comparación el blanco será la lectura inicial.
- b) Luego se introduce se la muestra en la cubeta de vidrio del equipo y se procede a analizar la medición.

4.4.5. Determinación del Manganeso

Preparación del equipo

Encender el equipo.

Luego se debe esperar la calibración interna.

Se debe seleccionar en el equipo el análisis que se desea realizar.

Medida de la concentración de Manganeso

- a) Se comprobó el valor del pH de la muestra, intervalo necesario: pH 2-7.
En caso necesario corregir el valor del pH añadiendo gota a gota solución diluida de hidróxido sódico o de ácido sulfúrico.
- b) Se pipeteo 8,0 ml de la muestra en un tubo de ensayo.
- c) Se añadió 1 microcuchara gris rasa de Mn-1.
- d) Agitamos intensamente la cubeta para disolver la sustancia sólida.
- e) Posteriormente se añadió 2,0 ml de Mn-2 con la pipeta y se mezcló.
- f) Se agregó 3 gotas de Mn-3 y se mezcló.
- g) Se añadió 0,25 ml de Mn-4 con la pipeta a buen paso y se mezcló en seguida.
- h) Tiempo de reacción: 5 minutos.
- i) Se añadió la solución en la cubeta correspondiente.
- j) Seleccionamos el método con el AutoSelector.
- k) Finalmente colocamos la cubeta en el compartimiento para cubetas.

4.4.6. Determinación del Hierro

Preparación del equipo

Encender el equipo.

Luego se debe esperar la calibración interna.

Se debe seleccionar en el equipo el análisis que se desea realizar.

Medida de la concentración de Hierro

- a) Se comprobó el valor del pH de la muestra, intervalo necesario: pH 1-10. En caso necesario corregir el valor del pH añadiendo gota a gota solución diluida de hidróxido sódico o de ácido clorhídrico.
- b) Pipeteamos 5,0 ml de la muestra en una cubeta de reacción, se cerró con la tapa roscada y se mezcló.
- c) Se añadió 1 microcuchara azul rasa de Fe-1K, se cerró con la tapa roscada.
- d) Se agito intensamente la cubeta para disolver la sustancia sólida.
- e) Tiempo de reacción: 3 minutos.
- f) Finalmente colocamos la cubeta en el compartimiento para cubetas. Haciendo coincidir la raya de marcado de la cubeta con la marca del fotómetro.

NOTA:

Para la determinación de color, hierro y manganeso se procedió a la utilización del espectrofotómetro WTW/Potholab 6600 UVVIS. (Weilheim, 2012)

4.4.7. Determinación de la temperatura.

La temperatura se midió con un termómetro químico previamente calibrado siguiendo los protocolos y normas de laboratorio.

4.5. Diseño experimental

El diseño experimental a emplear será la distribución bloques al azar, con las siguientes características:

Tratamientos	3 (puntos de muestreo)
Repeticiones	4 (número de muestreos por cada punto)
Unidades experimentales	12

El modelo lineal adoptado será el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon$$

Dónde:

Y_{ij} = Resultado de una muestra

μ = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento o punto de muestreo

B_j = Efecto de la j -ésima Bloque

ϵ = Error experimental

Análisis estadístico:

Los resultados serán sometidos al análisis de varianza (ANDEVA) conocido también como prueba de F (Fisher), considerando un 5% de probabilidad de error. En los casos de observarse diferencia estadística significativa entre los puntos de muestreo, los promedios serán sometidos a la prueba de Duncan, al mismo nivel de error.

5. RESULTADOS

5.1. Temperatura

Realizado el análisis estadístico de los datos de campo, relacionados con la temperatura del agua en distintos puntos de muestreo y en cuatro tomas de datos en fechas establecidas, se tiene que la prueba F de Fisher al 5% de probabilidad de error, es no significativa, la misma que se refrenda a través de la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error, siendo estadísticamente iguales todos las media de tratamientos (**Tabla 1**).

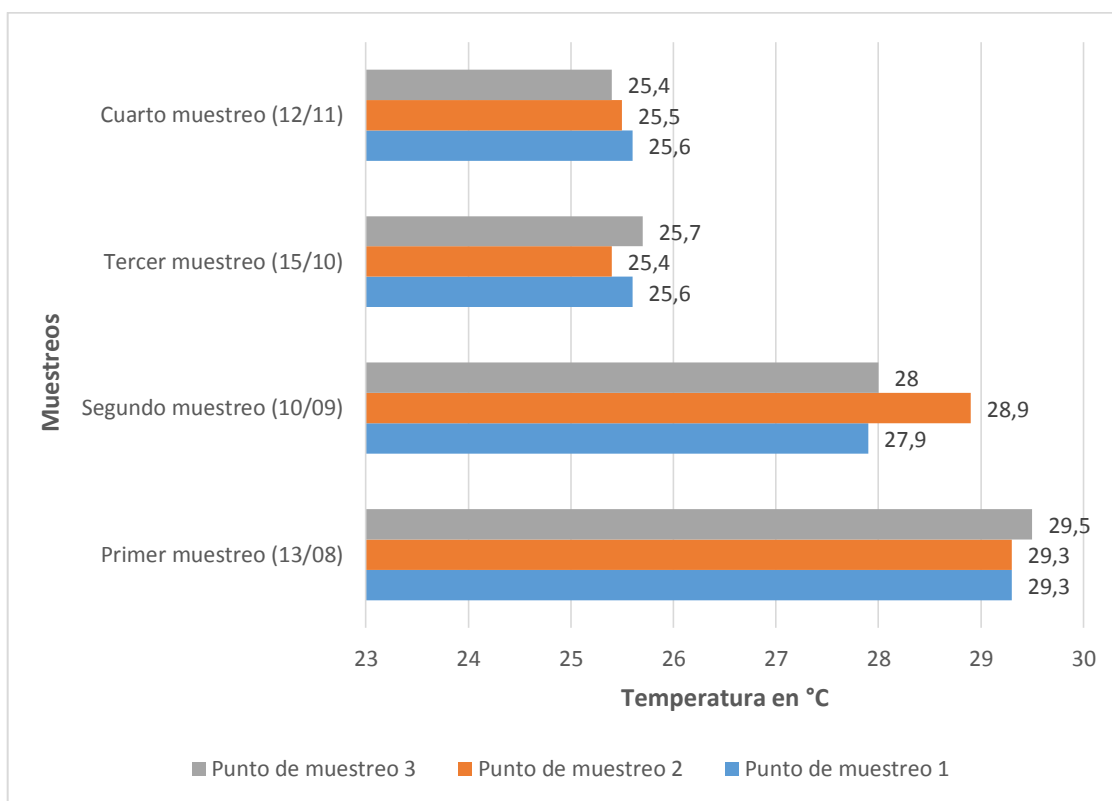
Tabla 1. Variación de la temperatura del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.

Tratamientos	Medias T °C	Bloques (Época)	Duncan 5%
Punto muestreo 1	27,1	4	a*
Punto muestreo 2	27,1	4	a
Punto muestreo 3	27,15	4	a
Significancia= NS Media General= 27,12 °C CV= 0,55%			

* Medias de tratamientos con letras minúsculas iguales en la columna, estadísticamente no varían entre sí por la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Considerando las distintas épocas de muestreo y los puntos de toma de muestra en el arroyo Bahía, se tiene mayor temperatura del agua en el mes de agosto, siendo estas semejantes en los tres puntos de muestreo, con muy poca variación; disminuyendo gradualmente en el segundo y tercer muestreo (10/09 y 15/10); estabilizándose en el cuarto muestreo con una temperatura aproximada de 25,5 °C (**Grafico 1**)

Grafico 1. Temperatura del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.



5.2. Potencial de hidrogeniones (pH)

Realizado el análisis de los datos de campo para el potencial de hidrogeno (pH), en los distintos puntos de muestreo y épocas de muestreo, se tiene que, la F de Fisher al 5% de probabilidad de error, es altamente significativa. Realizado el análisis de prueba pareada de Duncan al 5% de probabilidad de error, el punto de muestreo 3, obtuvo la mayor media de temperatura, siendo estadísticamente igual al punto de muestreo 2, más ambos son superiores al punto de muestreo 1 (**Tabla 2**)

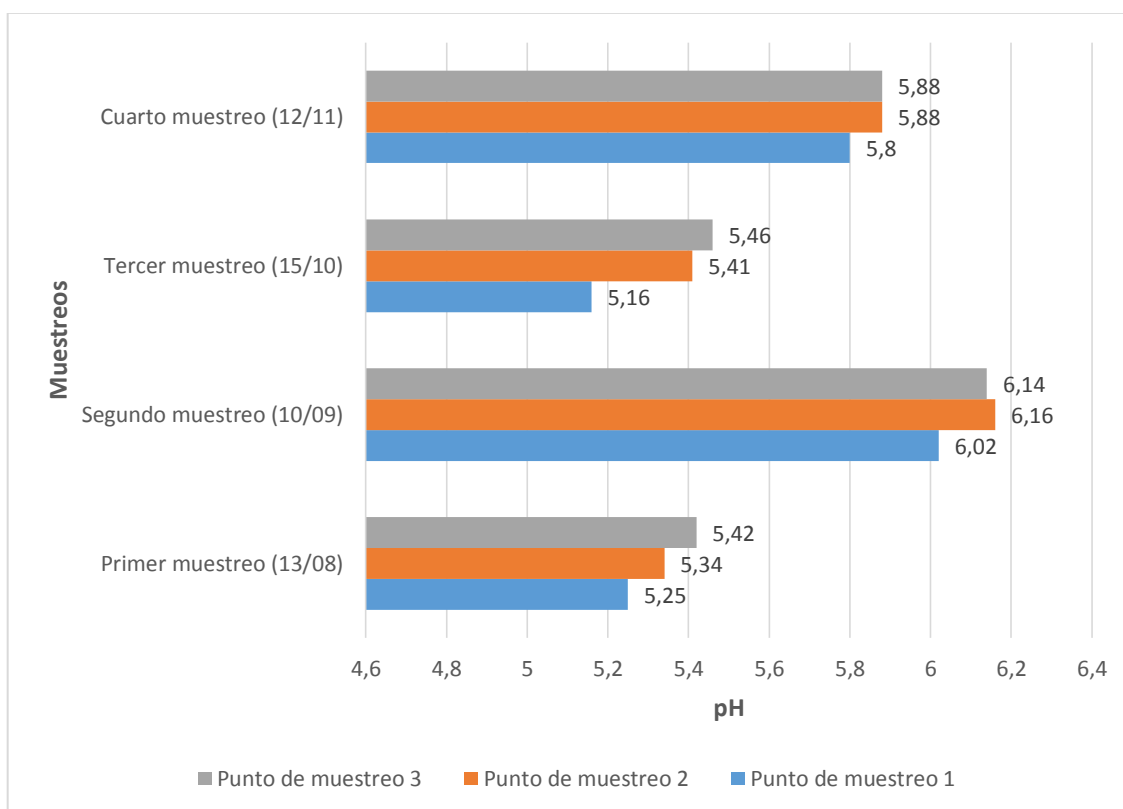
Tabla 2. Variación del potencial de hidrogenión (pH) del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.

Tratamientos	Medias pH	Bloques (Época)	Duncan 5%
Punto muestreo 1	5,56	4	b*
Punto muestreo 2	5,70	4	a
Punto muestreo 3	5,73	4	a
Significancia= SN Media General= 5,66 pH CV= 0,85%			

* Medias de tratamientos con letras minúsculas iguales en la columna, estadísticamente no varían entre sí por la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Considerando las distintas épocas de muestreo y los puntos de toma de muestra en el arroyo Bahía, observamos que existe un porcentaje menor del primer muestreo (13/08) en contra del segundo muestreo (10/09), para ambos meses indicaremos que el punto de muestreo uno, fue menor al punto de muestreo dos y tres; el porcentaje de pH del mes de octubre disminuye de manera progresiva pero con tendencia a estabilizarse en el mes de noviembre. **(Grafico 2)**

Grafico 2. Potencial de hidrogenión (pH) del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.



5.3. Color

Realizado el análisis de los datos de campo para el color, en los distintos puntos de muestreo y épocas de muestreo, se tiene que, la F de Fisher al 5% de probabilidad de error, es no significativa. Realizado el análisis de prueba pareada de Duncan al 5% de probabilidad de error, el punto de muestreo 3, obtuvo la mayor media de color, siendo estadísticamente igual al punto de muestreo 2, más el punto de muestre 3 es superior al punto de muestreo 1 (Tabla 3)

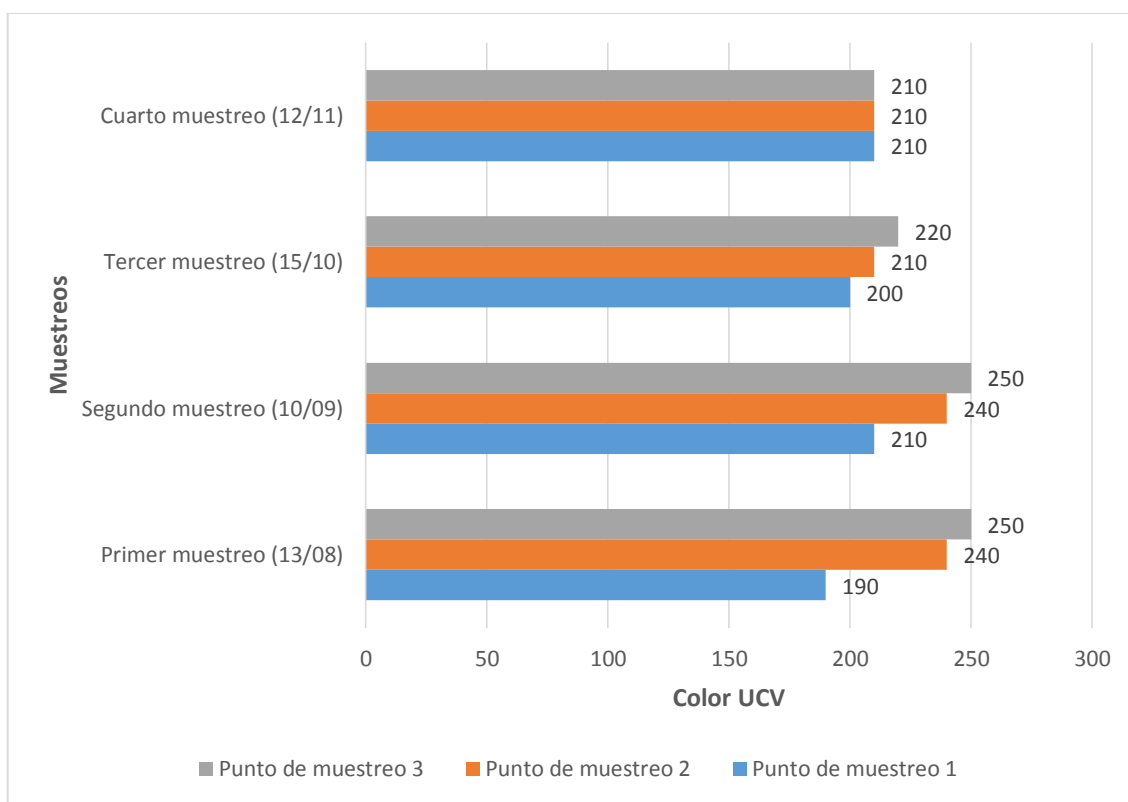
Tabla 3. Color del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.

Tratamientos	Color UCV	Bloques (Época)	Duncan 5%
Punto muestreo 1	202,5	4	b*
Punto muestreo 2	225,0	4	ab
Punto muestreo 3	232,5	4	a
Significancia= NS Media General= 220,0 UCV CV= 6,36%			

* Medias de tratamientos con letras minúsculas iguales en la columna, estadísticamente no varían entre sí por la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Considerando las distintas épocas de muestreo y los puntos de toma de muestra en el arroyo Bahía, se observa que los porcentajes de color del punto de muestreo uno del primer y segundo muestreo (13/10) y (10/09) es menor en porcentaje en comparación a segundo y tercer punto de muestreo, ya en los meses de octubre y noviembre, se puede observar que existe estabilidad entre ambos muestreos. **(Grafico 3)**

Grafico 3. Color del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.



5.4. Conductividad

Realizado el análisis estadístico de los datos de campo, relacionados con la conductividad del agua en distintos puntos de muestreo y en cuatro tomas de datos en fechas establecidas, se tiene que la prueba F de Fisher al 5% de probabilidad de error, es no significativa, la misma que se refrenda a través de la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error, siendo estadísticamente iguales todos las media de tratamientos (**Tabla 4**).

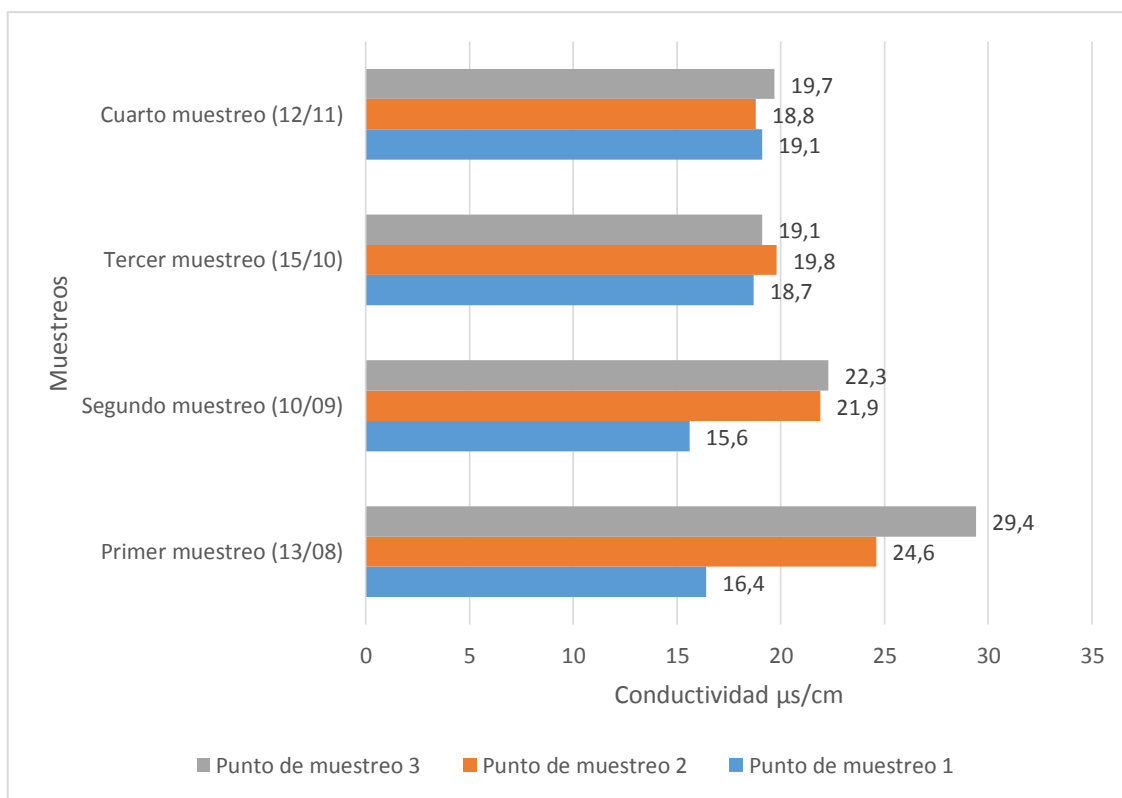
Tabla 4. Variación de la conductividad del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.

Tratamientos	Conductividad $\mu\text{s/cm}$	Bloques (Época)	Duncan 5%
Punto muestreo 1	17,45	4	a*
Punto muestreo 2	21,28	4	a
Punto muestreo 3	22,63	4	a
Significancia= NS Media General= 20,45 $\mu\text{s/cm}$ CV= 15,21%			

* Medias de tratamientos con letras minúsculas iguales en la columna, estadísticamente no varían entre sí por la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Considerando las distintas épocas de muestreo y los puntos de toma de muestra en el arroyo Bahía, se observa que los porcentajes del muestreo uno y dos (13/08 y 10/09), ambas tienen en el primer punto menor porcentaje en comparación al punto dos y punto tres, ya en el punto dos de ambas muestras ellas van elevándose hasta que aumentan en el punto tres; durante los meses de octubre y noviembre observamos que los valores se van haciendo semejantes entre sí. **(Grafico 3)**

Grafico 4. Conductividad del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.



5.5. Turbiedad

Realizado el análisis de los datos de campo para la turbiedad, en los distintos puntos de muestreo y épocas de muestreo, se tiene que, la F de Fisher al 5% de probabilidad de error, es significativa. Realizado el análisis de prueba pareada de Duncan al 5% de probabilidad de error, el punto de muestreo 3, obtuvo la mayor media de turbidez, siendo estadísticamente igual al punto de muestreo 2, más el punto 3 es superior al punto de muestreo 1 (**Tabla 5**)

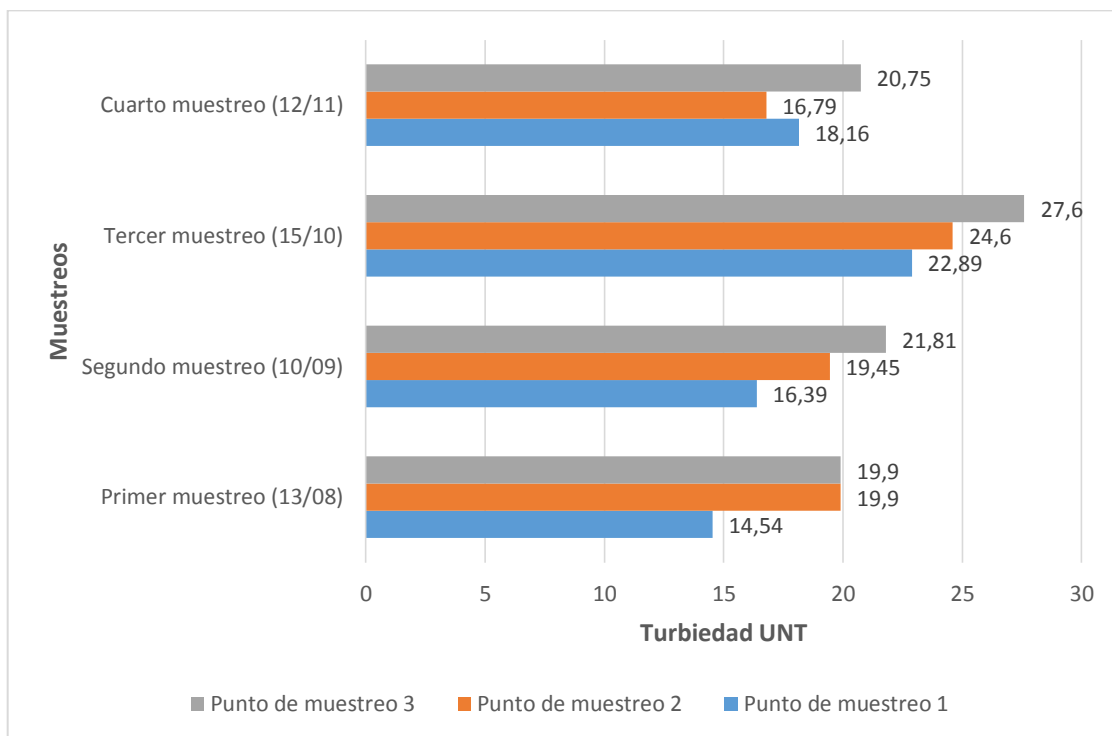
Tabla 5. Variación de la turbiedad del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.

Tratamientos	Turbiedad UNT	Bloques (Época)	Duncan 5%
Punto muestreo 1	17,99	4	b*
Punto muestreo 2	20,18	4	ab
Punto muestreo 3	22,52	4	a
Significancia= SN	Media General= 20,23 UNT	CV= 7,14%	

* Medias de tratamientos con letras minúsculas iguales en la columna, estadísticamente no varían entre sí por la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Considerando las distintas épocas de muestreo y los puntos de toma de muestra en el arroyo Bahía, se observa que los porcentajes del muestreo uno (13/08) el primer punto de toma es menor, y en el punto dos y tres tienden a ser iguales; en el segundo muestreo (10/09) a partir del primer punto al tercero van elevándose de forma gradual; en el tercer muestreo (15/10) se observa un porcentaje mayor al de los meses de agosto y septiembre y van aumentando de forma gradual a partir del primer al tercer punto; y en el cuarto muestreo (12/11) se puede observar que el punto dos es menor en comparación al punto uno y tres. (Grafico 5)

Grafico 5. Turbiedad del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.



5.6. Manganeso

Realizado el análisis de los datos de campo para manganeso, en los distintos puntos de muestreo y épocas de muestreo, se tiene que, la F de Fisher al 5% de probabilidad de error, es significativa. Realizado el análisis de prueba pareada de Duncan al 5% de probabilidad de error, el punto de muestreo 3, obtuvo la mayor media de manganeso, siendo estadísticamente igual al punto de muestreo 2, más el punto 3 es superior al punto de muestreo 1 (**Tabla 6**)

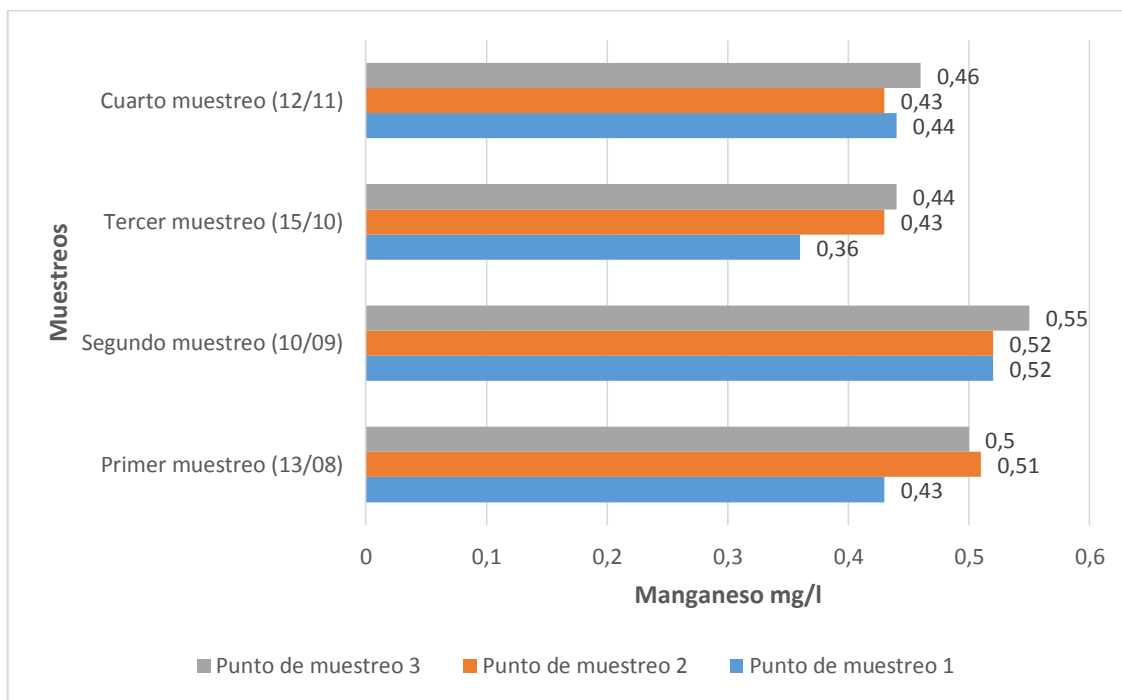
Tabla 6. Variación del manganeso del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.

Tratamientos	Manganeso mg/l	Bloques (Época)	Duncan 5%
Punto muestreo 1	0,44	4	b*
Punto muestreo 2	0,47	4	ab
Punto muestreo 3	0,49	4	a
Significancia= SN Media General= 0,47 mg/l CV= 5,11%			

* Medias de tratamientos con letras minúsculas iguales en la columna, estadísticamente no varían entre sí por la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Considerando las distintas épocas de muestreo y los puntos de toma de muestra en el arroyo Bahía, se observa que los porcentajes del muestreo uno (13/08) primer punto de toma es menor en comparación a los puntos dos y tres ya que estos tienden a ser iguales; en el segundo muestreo (10/09) vemos que el punto uno y dos tienen porcentajes iguales pero menores al tercer punto; en el tercer muestreo (15/10) el primer punto es menor en porcentaje pero va aumentando de forma gradual hasta el tercer punto; en el cuarto muestreo (12/11) el segundo punto es menor en comparación al primer y tercer punto. **(Gráfico 6)**

Gráfico 6. Manganeso del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.



5.7. Hierro

Realizado el análisis estadístico de los datos de campo, relacionados con la temperatura del agua en distintos puntos de muestreo y en cuatro tomas de datos en fechas establecidas, se tiene que la prueba F de Fisher al 5% de probabilidad de error, es no significativa, la misma que se refrenda a través de la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error, siendo estadísticamente iguales todos las media de tratamientos (**Tabla 7**).

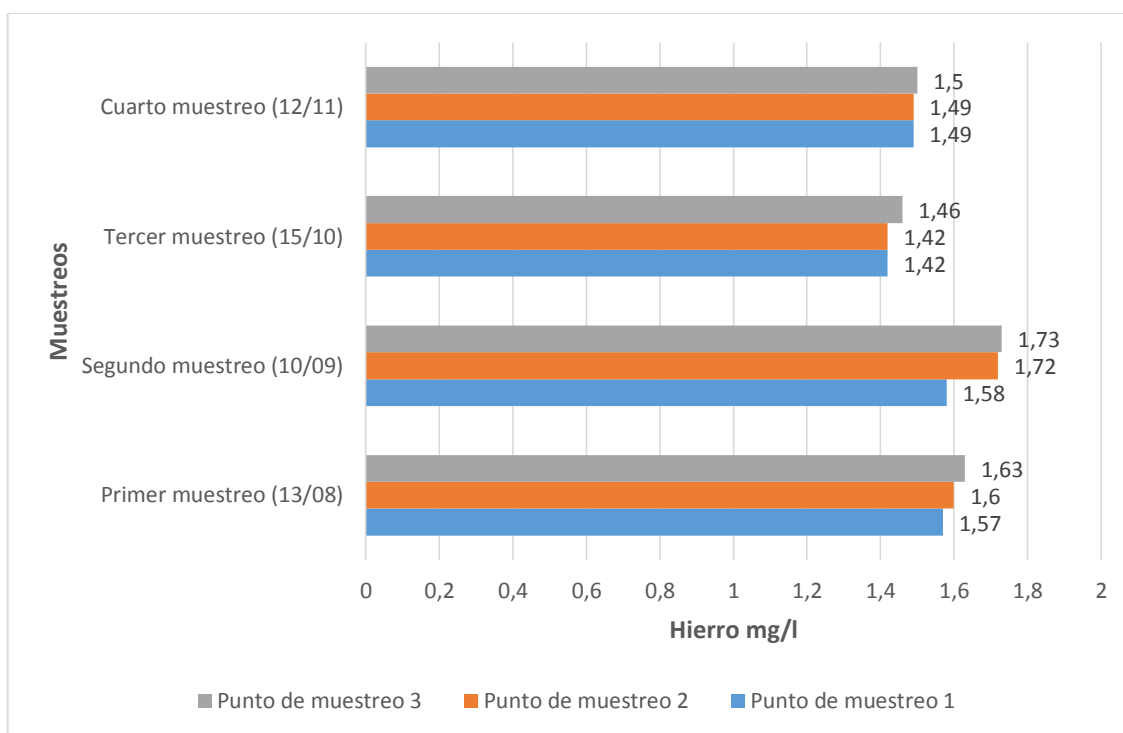
Tabla 7. Variación de hierro del agua del arroyo Bahía, según época y lugar de muestreo.

Tratamientos	Hierro mg/l	Bloques (Época)	Duncan 5%
Punto muestreo 1	1,52	4	a*
Punto muestreo 2	1,56	4	a
Punto muestreo 3	1,58	4	a
Significancia= NS Media General= 1,55 mg/l CV= 2,40%			

* Medias de tratamientos con letras minúsculas iguales en la columna, estadísticamente no varían entre sí por la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Considerando las distintas épocas de muestreo y los puntos de toma de muestra en el arroyo Bahía, podemos observar que se tiene mayor presencia Hierro del agua en los meses de agosto y septiembre con porcentajes gradualmente variados, ya que van ascendiendo a partir del primer al tercer punto; estabilizándose progresivamente durante el segundo y tercer muestreo (10/09 y 15/10); con porcentajes similares entre sí. (**Grafico 7**).

Grafico 7. Hierro del agua según puntos de muestreo vs. Época de muestreo del arroyo Bahía.



5.8. Cuadro de Análisis Descriptivo

A continuación se detallara un cuadro descriptivo de los parámetros en base a valor de muestras promedios y Límites Máximos permisibles según ley de Medio Ambiente en Materia Hídrica y Normas Bolivianas para control de calidad de aguas.

Cuadro N° 8. Análisis descriptivo de los límites permisibles según Normas y Ley 1333.

PARAMETRO	VALOR DE LA MUESTRA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	SITUACIÓN
Temperatura °C	27,12 °C	+/- 3°C	El valor de la muestra alcanza un promedio mayor al límite máximo al permisible por la Ley de Medio Ambiente
pH	5,66	6,5 a 9,0	Si bien el grado de pH en la cuenca supera al permisible según NB 512, podemos considerar que se debe a la época de estiaje.
Color UCV	220,0 UCV	<100 UCV	Obtuvimos presencia de mayor porcentaje al límite permisible según NB 512.
Conductividad µs/cm	20,45 µs/cm	1500,0 µs/cm	El valor máximo permisible se fundamentó en base a la NB 512, este fue el único parámetro físico que no sobrepaso el límite.
Turbiedad UNT	20,23 UNT	5 UNT	La turbiedad y su límite máximo permisible se fundamentaron por la NB 512, y como resultado del análisis la misma supera su valor aceptable.
Manganeso mg/l	0,47 mg/l	0,1 mg/l	Para determinar el límite máximo permisible del manganeso se fundamentó por medio de la NB 512 obteniendo un valor de la muestra fuera del rango aceptable.
Hierro mg/l	1,55 mg/l	0,3 mg/l	El límite máximo permisible se fundamentó por la NB 512 obteniendo como resultado un elevado porcentaje de hierro.

Fuente: Elaboración propia (2018)

6. DISCUSION

6.1 Características Físicas

La temperatura de un agua se establece por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido, estando ligada a la energía cinética media de sus moléculas. Las variaciones de la temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades tanto químicas como a su comportamiento microbiológico. (Galvin, 2003).

La Ley de Medio Ambiente en Materia de Contaminación Hídrica establece los límites máximos permisibles en cuerpos receptores tal es el caso de la Temperatura T °C; como valor máximo admisible $\pm 3^{\circ}\text{C}$ para cuerpos receptores teniendo una Media General de 27,12 °C; debido a las condiciones climatológicas excederían el límite máximo permisible según Ley 1333.

El pH es una medida potencial de iones de hidrogeno que nos indicara la acidez o alcalinidad del agua del arroyo Bahía, los resultados obtenidos se encuentran fuera del rango de los límites máximos permisibles en cuerpos receptores, obteniendo un Media General de 5,66 y el valor aceptable según Ley de Medio Ambiente es de 6.5 a 9.0; los suelos de Pando son pobres en nutrientes debido a la litología subyacente, la meteorología química fuerte y lavado de nutrientes por falta de precipitación durante gran parte del año; todo ello conlleva a la disolución de los suelos drenados hacia las aguas superficiales en este caso el arroyo Bahía.

El color se debe esencialmente a sustancias coloreadas que se encuentran disueltas en el agua, como también resulta de la materia orgánica descompuesta, como también la presencia de sales solubles de Fe y Mn; en este sentido el agua que está destinada para el consumo humano es de carácter organoléptico ya que si se ingiere agua coloreada se la relaciona al consumo de agua peligrosa; La Ley de Medio Ambiente por medio del

Reglamento en Materia Hídrica considera como nivel máximo de concentración de color en el agua <100 UCV y en la presente investigación se obtuvo como resultado un promedio de 220 UCV. Esto puede ser causado debido a suelos arcillosos de color rojizo y que por medio de la escorrentía superficial son dirigidas hacia el arroyo La materia orgánica descompuesta por el resultado de la deforestación para la cría de ganado u otros intervengan en el color., podría mencionarse también que los Mataderos (en algunos casos clandestinos) ubicados en las laderas de la cuenca descarguen sus aguas residuales de forma directa al arroyo Bahía influyendo en el color del agua ya que son rojizas por la sangre.

La conductividad es la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica. La conductividad de un agua natural esta mediatizada por el terreno que atraviesa y por la posibilidad de disolución de rocas y materiales, el tipo de sales presentes, el tiempo de disolución, la temperatura, gases disueltos, pH y toda la serie de factores que pueden afectar la solubilidad de un soluto en el agua. (Galvin, 2003).

Se procedió a la lectura de los resultados en laboratorio y obtuvimos una conductividad promedio de 20,45 $\mu\text{s}/\text{cm}$, considerando que la Norma Boliviana dentro del Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano tiene un límite máximo permisible de 1500,0 $\mu\text{s}/\text{cm}$; si bien el promedio de conductividad es mínimo, podemos mencionar que se debe a la temporada en la que se realizó las tomas de muestras, y que posiblemente exista una estratificación a falta de precipitación.

La turbiedad esta principalmente formada por formada por arcillas en dispersión. el termino arcilla comprende una gran variedad de compuestos, pero en general se refiere a la tierra fina (0,002 mm de diámetro grano o menos), a veces coloreada que adquiere plasticidad al mezclarse con limitadas cantidades de agua. (Arboleda Valencia, 1992).

La Norma Boliviana dentro del Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano tiene un límite máximo permisible de 5 UNT; y el Valor Promedio registrado fue de 20,23 UNT; debido a la diversa presencia de materia orgánica en suspensión; por la descomposición de restos vegetales de las laderas del arroyo y a la escorrentía de aguas turbias que contienen minerales.

6.2. Características Químicas

El manganeso es uno de los metales más importantes en la dinámica de aguas naturales, considerando que el valor máximo permisible según Norma Boliviana 512 es de 0,1 mg/l. y el valor promedio que se analizó en laboratorio fue de 0,47 mg/l; podríamos mencionar que este porcentaje determinado se debe a que son poco solubles, y que por el bajo oxígeno que presenta el arroyo Bahía es que su presencia es notable, existe la posibilidad de que en aguas profundas desoxigenadas y por estratificación térmica las concentraciones aumenten debido a los compuestos oxidados en manganeso.

En el caso del hierro se encuentran de forma natural y presente en el arroyo por falta de oxigenación según Norma Boliviana 512 el valor máximo aceptable para hierro es de 0,3 mg/l y los resultados que obtuvimos proyectó un promedio general de 1,55 mg/l, lo cual excede dentro de los límites permisibles en la tabla de resultados podemos observar que mientras menos precipitación exista aumentara el porcentaje de hierro en el agua, esto debido a la estratificación y el déficit de oxígeno.

7. CONCLUSIONES

Por todo lo mencionado anteriormente, se llega a las siguientes conclusiones.

- Una vez analizados los parámetros físico químicos, y en base a los resultados obtenidos en laboratorio, se pudo constatar de que si bien el valor aceptable para cuerpos receptores de agua sobrepasa el límite permisible, esta es apta para el consumo humano previo tratamiento y control de calidad por medio de la EPSA Municipal Cobija.
- La comparación de los resultados con los límites máximos permisibles de acuerdo a Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, Ley 1333 y Normas Bolivianas NB 512, define que todos los parámetros analizados excepto la conductividad se encuentran fuera de rango permisible y que su composición química natural de aguas se ve alterada por actividades humanas, degradando así los recursos hidráulicos.

8. RECOMENDACIONES

A fin de aprovechar la información generada, es que se hacen las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda a la EPSA Municipal Cobija el uso de coagulantes como el permanganato de potasio como oxidante y floculante eliminando los excedentes en los resultados organolépticos.
- Reforestar las laderas del Arroyo Bahía a fin de incrementar la recarga acuífera y evitar erosiones.
- Realizar campañas de monitoreo ambiental con el fin de identificar fuentes de contaminación, ya sean estas industriales o urbanas.
- Concienciar a la población al buen manejo de este recurso ya que el arroyo Bahía provee de agua a distintas actividades agropecuarias y ganaderas que se encuentran asentadas alrededor y que los cambios en el uso de suelo no planificado serian de riesgo para dichas actividades.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, S., & Mora, B. (2007). Contaminación del agua. Agua y Ambiente Revista Informativa del Instituto Latinoamericano del Agua y el Ambiente. Vol. 3. 1era Edición., 137-138.
- Arboleda Valencia, J. (1992). Teoría y Práctica de la Purificación del Agua. Colombia: ed. Acodal.
- Baeza, A. (2005). Documento de apoyo Métodos Electrométricos. Recuperado el 1 de junio de 2017, de Facultad de Química. UNAM:
- Bernal, C. (2010). Metodología de la Investigación. Bogotá: PEARSON.
- Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. (s.f.). Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas.
- Cabello, C. B., & Ramírez, M. E. (2001). Contaminación de Aguas por Nitratos y Efectos Sobre la Salud. Sevilla: Egondi Artes Gráficas, S. A.
- CEPAL. (diciembre de 2002). CEPAL - SERIE Recursos naturales e infraestructura. La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Santiago de Chile.
- CEPIS, OMS, OPS. (2002). GUÍA PARA LA VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. CEPIS, OPS, OMS . (2002). GUÍA PARA LA VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO . LIMA, PERU .
- CLAI, PNUMA. (junio de 2003). "Manual de Ecología Básica y de Educación Ambiental". Segundo Módulo . Mexico.
- CYTED; Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. (2003). Agua potable para comunidades rurales, reúso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Buenos Aires.
- FAO. (1996). ECOLOGÍA Y ENSEÑANZA RURAL. Recuperado el MARZO de 2016.
- Fernández, E. G. (2010). Potabilización del Agua. Elemental Watson "la" revista, 17.

- Foro Consultivo Científico y Tecnológico. (2012). DIAGNÓSTICO DEL AGUA EN LAS AMÉRICAS. Distrito Federal.
- Galvin, R. M. (2003). Físico Química y Microbiología de los Medios Acuáticos. Madrid: Diaz de Santos S.A.
- GIZ, PROAPAC. (noviembre de 2011). Compendio Informativo sobre Enfermedades Hidricas. 9. La Paz, Bolivia.
- HERENCIA. (2008). GEO Cobija. Cobija, Bolivia.
- Hernández, S. (23 de Octubre de 2015). "Evaluación de la calidad físico-química y bacteriológica del arroyo Coyopolan del municipio de Ixhuacán de los Reyes., Veracruz.". Veracruz, Mexico.
- IBNORCA . (Diciembre de 2010). Reglameto Nacional para el Control de la Calidad de Agua para el Consumo Humano . Norma Boliviana 512 . La Paz , Bolivia.
- Instituto de Toxicología de la Defensa. (21 de noviembre de 2013). Análisis de Aguas: Condiciones Generales para la toma de Muestras. Recuperado el marzo de 2016.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. (2012). CENSO POBLACION Y VIVIENDA-PANDO. DEPARTAMENTO DE PANDO-BOLIVIA.
- Laboquiam. (s.f.). Obtenido de Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - Universidad Nacion.
- LEY DEL MEDIO AMBIENTE 1333. (1992). REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACION HIDRICA.
- Llenntech. (2001). Tratamiento y purificación del agua. Recuperado el 29 de mayo de 2017, de Propiedades químicas del Manganeso: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm>
- M. Castro, J. Almada, J. Ferrer & D. Díaz. (2014). "Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global". (U. C. Colombia, Ed.) Ingeniería Soliaria, 117.

- Miguel, Q. Lado, J.J. Martínez, V. Leal, M. García, R. (2009). Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. El ciclo Hidrológico: Experiencias y Practicas para su comprensión. Alcalá.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA . (2013). PERIODICO VIRTUAL LA RAZON-SOCIALES . Recuperado el MARZO de 2015.
- Norma Boliviana 495. (noviembre de 2005). Agua Potable-Definiciones y Terminología. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. La Paz, Bolivia.
- Norma Boliviana 512. (octubre de 2004). Agua Potable Requisitos. La Paz, Bolivia.
- NORMA BOLIVIANA 512. (Diciembre de 2010). "Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano". La Paz, Bolivia.
- O.I.T. (01 de enero de 2001). ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. Control de la Contaminación Ambiental VOLUMEN II. Madrid, España: Chantal Dufresne, BA.
- Obregon, C. (16 de febrero de 2015). Protocolo para la determinación de Turbidez. Recuperado el junio de 2017, de sigug.uniguajira.edu.co.
- OMS. (2004). Aspectos relativos a la aceptabilidad. Guías para la Calidad de Agua Potable.Volumen I. Ginebra, Suiza.
- OMS. (2007). Red internacional para la promoción del tratamiento y el almacenamiento seguro del agua doméstica. Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares. Switzerland.
- OPS. (JUNIO de 2015). NOTA DESCRIPTIVA N° 391. Obtenido de CENTRO DE PRENSA DE ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD.
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. (s.f.). AGUA SANEAMIENTO Y SALUD-CALIDAD DE AGUA .
- PNUMA, HERENCIA. (2008). GEO Cobija. En PNUMA, Perspectivas del Medio Ambiente Urbano (págs. 16, 17). Cobija.

- PNUMA. (2003). "Informe GEO America Latina y el Caribe" Perspectiva del Medio Ambiente. Costa Rica: PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE.
- PROGRAMA MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS. (2003). Cuencas: fuente de vida que acogen agua dulce. Vida y Futuro, 4.
- Quesada, A., & Kucherenko, V. (23 de octubre de 2014). Control de calidad de los de parámetros físicos de un agua potable. Modul: Anàlisi Quimic. España.
- Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. (junio de 2007). imasd.fcien.edu.uy. Recuperado el 5 de mayo de 2017, de Guía para la utilización de las Valijas Viajeras - Conductividad.
- Robert, R., David, H., & Kenneth, K. (2003). Física. En R. Resnick, Estudio del calor. Baltimore, Maryland.
- Silva FAS, Azevedo CAV (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr. J. Agric. Res. Vol. 11(39), pp. 3733-3740, 29 September. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522
- UNESCO. (2009). Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Recuperado el 2 de abril de 2016 .
- Unidad de Toxicología Clínica. (2003). Intoxicación por Metales. Recuperado el abril de 2017, de Hospital Clínico Universitario Zaragoza- España
- Universidad de Los Andes Venezuela . (noviembre de 2015). Consejo de Computacion Academica.
- Universidad Politecnica de Cartagena. (noviembre de 2008). Biblioteca Virtual. Murcia, España.
- WALTON, B. Y. (1971). FIRST FEDERAL DRINKING WATER STANDARDS BINDING ONLY TO INTERSTATE CARRIERS. En B. Y. WALTON.
- Weilheim. (2012). Normativa de Análisis. Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH. Germany.
- ZONISIG. (1997). Zonificación Agroecologica y Socioeconómica y Perfil Ambiental del departamento de Pando. La Paz: SIERPE Publicaciones.

ANEXO: 2

**Anexo B (Normativo)
Formulario de muestreo**

Formulario de información básica sobre muestreo

- 1) Código de la muestra:.....
- 2) Hora de muestreo:.....
- 3) Localidad:.....
- 4) Dirección punto de muestreo:.....zona:.....
- 5) Material del envase empleado para el muestreo:.....
- 6) Volumen de muestra extraída:.....
- 7) Temperatura de la muestra:.....
- 8) Tiempo requerido desde la toma de muestra hasta el laboratorio:.....
- 9) Tipo de conservación de la muestra:.....
- 10) Croquis del lugar:.....

- 11) Responsable del muestreo:.....
- 12) Fecha del muestreo:.....
- 13) Firma:.....

ANEXO: 3

**PLANILLA N°1
REGISTRO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL ARROYO BAHIA
REPORTE MENSUAL**

NOMBRE: YALITZA FABIOLA ROCHA MENDOZA
DEPARTAMENTO: PANDO
PROVINCIA: NICOLAS SUAREZ
MUNICIPIO: COBIJA
DIRECCION: LABORATORIO EPSA MUNICIPAL COBIJA

TIPO DE ANALISIS	PARAMETRO	VALOR DEL PUNTO DE MUESTREO 13/08/2018			VALOR DEL PUNTO DE MUESTREO 10/09/2018			VALOR DEL PUNTO DE MUESTREO 15/10/2018			VALOR DEL PUNTO DE MUESTREO 12/11/2018			VALOR ACEPTABLE	OBSERVACIONES
		P.1	P.2	P.3	P.1	P.2	P.3	P.1	P.2	P.3	P.1	P.2	P.3		
CONTROL MINIMO + BASICO	Temperatura °C	29,3	29,3	29,5	27,9	28,2	28,0	25,6	25,4	25,7	25,6	25,5	25,4	+/-3°C de C. receptor	
	pH	5,25	5,34	5,42	6,02	6,16	6,14	5,16	5,41	5,46	5,80	5,88	5,88	6.5 a 9.0 (NB)	
	Color UCV	190	240	250	210	240	250	200	210	220	210	210	210	<100 UCV (NB)	
	Conductividad µs/cm	16,4	24,6	29,4	15,6	21,9	22,3	18,7	19,8	19,1	19,1	18,8	19,7	1500 µs/cm (NB)	
	Turbiedad UNT	14,54	19,9	19,9	16,39	19,45	21,81	22,89	24,6	27,60	18,16	16,79	20,75	5 UNT (NB)	
	Manganeso mg/l	0,43	0,51	0,50	0,52	0,52	0,55	0,36	0,43	0,44	0,44	0,43	0,46	0,1 mg/l (NB)	
	Hierro mg/l	1,57	1,60	1,63	1,58	1,72	1,73	1,42	1,42	1,46	1,49	1,49	1,50	0,3 mg/l (NB)	

(*)No aplicable para acuíferos

ANEXO: 4 Ubicación de los puntos de muestreo



Foto 1: Identificación de los puntos de muestreo



Foto 2: Factores de contaminación antropogénica



Foto 3: Zona Alta de la cuenca Bahía



Foto 4: Zona Media de la cuenca Bahía

ANEXO: 5 Recoleccion de muestras del arroyo Bahía



Foto 5: Primer punto de obtencion de la muestra, 100 mt. antes del ex botadero municipal



Foto 6: Segundo punto de obtencion de la muestra, 100 mt. posterior al ex botadero municipal



**Foto 7: Tercer punto de obtencion de la muestra, obra de toma actual
EPSA-COBIJA**



Foto 8: Transporte de las muestras

ANEXO: 6 Analisis fisico-quimico EPSA MUNICIPAL COBIJA



Foto 9: Registro de datos



Foto 10: Analisis de las muestras en laboratorio