

INTRODUCCION

El agua es un elemento esencial para la existencia de los seres vivos y para el bienestar del entorno ambiental en el que estos desarrollan sus actividades sociales y productivas; el desarrollo de estas actividades, impacta directa o indirectamente las fuentes proveedoras de agua.

Cada vez se aprecia con mayor frecuencia que los países industrializados y de economías fuertes a nivel mundial ponen a disposición del público y comunidad en general sus datos e información hidrológica en forma amplia y de fácil acceso información sobre el monitoreo efectuado a sus cuerpos de aguas y de esta manera adoptan medidas para su conservación. (PNUMA, 2011)

En este sentido, los científicos de diversos países advierten que es importante para las labores de planificación sostenible del recurso hídrico conocer la cantidad de agua disponible ofrecida por la fuente de agua, los niveles de demanda y las condiciones de interacción hidráulica necesarias para mantener la salud de la fuente abastecedora de agua. Este conocimiento se produce sólo a través de mediciones y observaciones sistemáticas de las variables del agua atmosférica, superficial y subterránea, costera y marina, las cuales deben obedecer a un Protocolo de monitoreo y seguimiento, que ofrezca procedimientos estandarizados.

Mientras que en países industrializados el monitoreo y seguimiento del agua cada día cuenta con mayores recursos tecnológicos y económicos, en países como Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia en las dos últimas décadas se han desmontado sus sistemas de redes hidrológicas y en la actualidad cuenta cada uno con menos de 300 estaciones hidrológicas. (Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua en Latinoamérica 2007)

El secretario de Medio Ambiente y Agua de la Gobernación de Tarija, Mario Gareca, informó que se conformó un equipo técnico de monitoreo de la cuenca del río

Pilcomayo a fin de hacer un seguimiento continuo a la contaminación con desechos mineros y otros contaminantes a la cuenca.

Indicó que se trabajará en coordinación con la Gobernación de Potosí, Organizaciones no Gubernamentales (ONG) y autoridades del Gobierno nacional para que las primeras acciones sean realizar un monitoreo a los afluentes del río Pilcomayo entre estos los ríos Atocha, Tumusla, Cotagaita, Tupiza, san juan del oro, como también a los diques mineros y en particular de la mina Santiago Apóstol, que llevó al conflicto que a traviesa el río Pilcomayo.(El diario, Martes, 29 de Julio de 2014. 03:33h.)

El río Tupiza es un cuerpo de agua con una gran cantidad de fauna acuática como peces, anfibios, etc. Aves como patos, garzas, flamenco andino, etc.

Hoy en día, el río Tupiza se ha convertido en un foco de contaminación. Una de las causas para esta contaminación, es que este, es receptor de las aguas provenientes del alcantarillado de la ciudad de Tupiza, a través del tratamiento inadecuado que se les da en las lagunas de estabilización ubicadas en la Comunidad de Bolívar que son evacuadas al río Tupiza.

Estas lagunas de estabilización cuentan con 16 años de funcionamiento y en los últimos 10 años se ha ido evidenciando que no está funcionando correctamente ya que su capacidad de tratamiento ha sido sobrepasada debido al crecimiento de la población.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

Planteamiento del problema

El río que es utilizado como sumidero para los desechos urbanos. Pero gracias a los volúmenes de agua que transporta, el río es capaz de regenerarse por sí mismos, neutralizando los efectos de la contaminación. Sin embargo, las descargas de agua contaminada provenientes de la ciudad de Tupiza, que no tienen un buen tratamiento en las lagunas de estabilización de la comunidad de Bolívar, antes de su descarga al

lecho del río el cual provocando la contaminación del agua del río, debido a esta acción con estas aguas residuales las cuales contienen residuos de materia orgánica en descomposición como ser heces fecales, mal olor, etc. conlleva a la pérdida del oxígeno disuelto en el agua y la desaparición de insectos, peces y la posterior destrucción del ecosistema

Justificación

La presente tesis está encaminado a obtener datos reales y confiables mediante un monitoreo que permita conocer el grado de contaminación del río Tupiza debido a la descarga de las aguas residuales al lecho del río, luego de su paso por las lagunas de estabilización ubicadas en la comunidad de Bolívar.

Por medio de este trabajo se podrán conocer la influencia de las aguas residuales sobre las aguas del río Tupiza y de esta manera proponer medidas de mitigación y hacer cumplir las normas establecidas en la ley 1333 y su reglamento en materia de contaminación hídrica (RMCH).

Hipótesis

Las aguas del río Tupiza estarán afectadas por la descarga de efluentes de las lagunas de estabilización, en los parámetros establecidos por el (Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH) de la ley 1333 del 1995)

OBJETIVO GENERAL

Determinar el grado de contaminación en época de estiaje por el vertido de aguas residuales, mediante un monitoreo de aguas abajo desde el punto de descarga de las aguas residuales al río Tupiza, lo que nos permitirá proponer posibles medidas de mitigación.

Objetivos específicos

- Recolectar muestras de las aguas del río en época de estiaje mediante un monitoreo en diferentes puntos para su posterior análisis por los laboratorio de COSAALT y CEANID.

- Evaluar los parámetros físico-químicos y biológicos analizados, para determinar el grado de contaminación del río Tupiza.
- Proponer medidas luego de realizar análisis de laboratorios y la evaluación de los parámetros para disminuir el grado de contaminación.

MATERIALES Y METODOS

1.1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

La Provincia Sud Chichas se encuentra situada en la parte Sud Este del Departamento de Potosí, siendo la primera Sección Municipal de la Provincia Sud Chichas, por su extensión territorial y administrativa está dividida en 12 Distritos Municipales, 6 Distritos Rurales y 6 Distritos Urbanos, los distritos rurales son las que componen a las comunidades que se hallan alejadas del centro urbano que es la ciudad de Tupiza.

La ciudad está enclavada en el angosto valle agrícola del río Tupiza entre los paralelos 21° 26' 18" de latitud Sur de la línea del Ecuador y los paralelos 65° 42' 55" de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. A una altitud de 2.850 msnm.(PDM, Tupiza)

Tupiza ha sido, tradicionalmente, un importante centro agrícola, ferroviario y de comercio, con importantes distritos mineros en sus cercanías.

Según el censo del 2013 el número de habitantes en el área urbana es de:

CODIGO CARTOGRAFICO	DESCRIPCIÓN	POBLACION	AREA
05080101001	TUPIZA	27302	
05080101001000	CIUDAD TUPIZA	27302	Urbana

Fuente: Censo de población y vivienda – 2013 población por departamentos, provincias, secciones municipales, localidades y organizaciones comunitarias.

La ciudad de Tupiza descarga sus aguas residuales a las lagunas de estabilización ubicadas en la comunidad de Bolívar. El área de estudio se encuentra a una distancia de 5 Km de la ciudad sobre la vía férrea Tupiza Villazon, en la comunidad de Bolívar.



Fuente: google earth

Elaboración: propia

1.2.ASPECTOS FISICOS NATURALES

Las características físicas naturales del área de estudio se describirán a continuación para conocer de mejor manera.

1.2.1. Clima

Conforme al registro de varias estaciones climatológicas instaladas en el municipio de Tupiza; el clima de la región son subhúmedos secos, semiáridos y áridos cuyos rangos fluctúan de templados a fríos, los mismos que varían de acuerdo a la fisiográfica, la intercalación de varios pisos ecológicos definiendo las condiciones climáticas, para cada uno de estos.

El área de estudio presenta las siguientes características un clima sub húmedo seco con temperaturas cálidas durante el verano y frías en el invierno. (PDM, Tupiza)

1.2.2. Precipitación

La precipitación media anual del territorio municipal varía de 26.4 mm, evidenciándose las precipitaciones más intensas en el mes de enero con 83.3 mm anualmente, disminuyendo hasta 0.3 mm en el mes de junio.

El período lluvioso más intenso abarca los meses de noviembre y diciembre, intensificándose en los meses de enero, febrero y marzo, de manera contraria se constituyen los meses más secos de junio, julio y agosto (Estación termo pluviométrica de Tupiza). (PDM, Tupiza)

A continuación se presenta un resumen general del período de precipitaciones pluviales, de acuerdo al registro.

Cuadro 3

DATOS DE: PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2005	46.2	127.3	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	14.5	90.8	307.5
2006	89.0	64.4	75.2	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	21.2	60.6	313.9
2007	94.3	13.6	93.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.3	43.9	148.2	436.9
2008	156.9	39.4	27.9	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	21.6	211.2	468.1
2009	84.4	161.6	29.8	60.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.7	68.0	416.6
2010	75.8	106.9	30.4	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.6	283.2
2011	39.5	86.1	41.6	3.1	11.8	0.0	0.0	0.0	0.2	6.5	4.2	85.8	278.8
2012	150.6	101.6	37.8	2.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	11.8	54.2	48.5	407.1
2013	206.9	98.0	32.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	8.4	10.4	128.6	485.2
2014	165.7	95.1	2.4	2.3	1.0	0.0	0.0	****	****	****	****	****	****

Fuente: servicio nacional de meteorología e hidrología.

1.2.3. Temperaturas.

El régimen térmico en el municipio de Tupiza es un fenómeno climático que está directamente relacionado con la altura, el Municipio de Tupiza, registra una temperatura media anual de 14.5 °C, mientras que la máxima extrema registra una media anual de 27.5°C, finalmente la temperatura mínima extrema es de 0.5 °C. (PDM, Tupiza)

Cuadro 4

DATOS DE: TEMPERATURA MEDIA (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2010	18.6	18.9	18.3	16.5	12.4	11.6	9.8	13.4	14.9	16.5	17.5	18.9	15.6
2011	18.6	17.1	17.3	15.7	12.7	11.5	11.5	12.3	14.6	16.9	18.9	18.1	15.4
2012	16.5	17.0	16.9	16.3	11.6	9.6	10.3	12.9	15.8	17.6	19.1	19.9	15.3
2013	17.2	17.2	17.9	14.0	13.3	9.9	10.8	11.4	15.0	17.5	19.0	18.0	15.1
2014	17.7	17.7	17.9	16.1	11.4	10.2	****	****	****	****	****	****	****

Fuente: Servicio nacional de meteorología e hidrología.

1.2.4. Altitudes

El Municipio de Tupiza, presenta una variabilidad de altitudes, en las que se encuentran distribuidas la comunidades, OTBs y/o Barrios, donde estas se hallan distribuidas entre 2.600 msnm y 3.120 msnm, lo que demuestra la variabilidad de niveles altitudinales que tiene sus propias características de acuerdo a la ubicación en la que se encuentran.

La comunidad de Bolivar se encuentra a una altitud de 2950 msnm. El cual nos representa el principio del área de estudio. (PDM, Tupiza)

1.2.5. Descripción de la cuenca

En el municipio los recursos de aguas que los alimentan tienen régimen torrencial, debido a la topografía, la formación geológica y las características climáticas. Gran parte del agua de lluvias no alcanza a infiltrarse en el suelo, dado el declive muy fuerte, y la casi total ausencia de vegetación, por lo que escurren superficialmente, erosionando los suelos y colmatando los ríos de carga sólida. En los cuadros 7 se describen el régimen de caudales promedio mensuales y los caudales máximos extraordinarios de la cuenca río Tupiza:

Cuadro 5
Caudal medio mensual por sub cuenca.

sub-cuenca	Meses/caudal en m ³ /s											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rio Tupiza	10,03	6,99	4.71	0.89	0.06	0.10	0.00	0.17	0.56	0.89	3.25	7.19

Fuente: Plan de manejo y desarrollo integral de las cuencas del rio Tupiza, Cotagaita y afluentes del atocha/2004

Elaboración: propia.

Geomorfología:

Dentro nuestra cuenca se presenta con mayor preponderancia el Sistema Geomorfológico de la Cordillera Andina Oriental, la cual a su en nuestra cuenca podemos encontrar unidades de Paisajes como ser:

En la parte alta de la cuenca.

Unidades Geomorfológicas de Origen Estructural: Estas unidades comprenden las serranías, cuevas y colinas de la Cordillera Andina Oriental, con formación que se debe a la acción combinada de plegamientos, fallamientos, hundimientos y otros procesos geológicos.

En la parte media de la cuenca.

Unidades Geomorfológicas de Origen Coluvio Aluvial: Estos paisajes son el resultado del transporte de los sedimentos por acción de la gravedad, cuyo agente principal es el agua corriente, formándose los mismos en las laderas de los cerros, constituyendo los Piedemontes.

En la parte baja y cierre de la cuenca.

Unidades Geomorfológicas de Origen Aluvial: Las características de estas fases han sido descritas, dentro de las Unidades de Origen Estructural, por ser componente de ellas.

En nuestra área de estudio que comprende desde la comunidad de Bolívar hasta la comunidad de Entre ríos se caracteriza por presentar unidades geomorfológicas mayormente de origen aluvial.

Relieve:

La parte alta de la cuenca se caracteriza por presentar serranías altas con un relieve ondulado con pendientes que superan el 75%.

La parte media de la cuenca se caracteriza por presentar serranías y colinas con planicies.

Nuestra área de estudio comprende la parte baja y cierre de la cuenca.

La parte baja de la cuenca presenta una topografía plana a ondulada como también serranías altas con relieve ondulado a escarpado.

El cierre de la cuenca más que todo se caracteriza por terrazas planas y pie de montes ondulados.

Flora, Fauna y uso de la Tierra

Para un mejor entendimiento dividiremos en pisos ecológicos nuestra cuenca:

La parte alta de nuestra cuenca presenta.

Alto Andino

Piso ecológico que comprende alturas superiores a los 4100 m.s.n.m. En este piso se encuentran los Campos Naturales de Pastoreo (CANAPAS), presenta especies graminoideas y arbustivas de bajo porte y de aptitud forrajera, la fauna silvestre es escasa.

Puna Alta

Ubicada en las estribaciones de la cordillera de los Lípez, con un rango de altura entre 3.600 a 4.100 m.s.n.m. de clima frío, la cobertura vegetal, compuesta por vegetación herbácea, asociada a plantas leñosas de porte arbustivo, especialmente especies de thola, y cojinete como la yareta, en forma aislada se presentan bofedales con especies típicas de este ecosistema

La parte media de la cuenca presenta.

Puna Baja

Ubicado en un rango altitudinal desde 3.200 a los 3.600 m.s.n.m. la producción agrícola más representativa abarca los cultivos de papa, haba y maíz, poseyendo también la producción de durazno. La Producción pecuaria esta sustentado en la crianza de ganado, ovino y caprino y porcino.

Cabecera de Valle

Cabecera de Valles, corresponde a comunidades ubicadas en rango hipsopométrico entre 2.800 a 3.200 m.s.n.m. de clima templado, la cobertura vegetal, compuesta por vegetación arbustiva y arbórea, especialmente Churqui, palqui, Katawi, lloque, molles, especies de thola, y cactus de varias especies.

La parte baja y cierre de la cuenca donde se encuentra ubicada nuestra área de estudio nos presenta.

Valle

En el ámbito ecológico de los valles las alturas varían desde los 2.400 hasta los 2.800 m.s.n.m., se caracteriza por la producción de Maíz, haba, ajo, cebolla, zanahoria y tomate, entre las especies frutales que se producen están: durazno con todas sus variedades, manzana, damasco, higo y vid con sus variedades adaptadas para la zona; la actividad ganadera esta preferentemente orientado a la crianza de Caprinos y ovinos, sin dejar de lado a los bovinos y los porcinos. Tavier podemos encontrar una variedad de fauna silvestre como el puma, loros, patos andinos, liebres, vizcachas, etc. Una flora silvestre compuesta por árboles, arbustos donde predominan alamos, eucaliptos, molles, bosquesillos de churquiales, sauces, cortadera, palques, etc. Algunas gramíneas y pastos.(PDM, Tupiza)



Fuente: google earth

Elaboración: propia

2.3 Materiales

- ❖ Cámara fotográfica
- ❖ Computadora e impresora
- ❖ USB
- ❖ GPS
- ❖ Envases de vidrio y plástico para el muestreo
- ❖ Termómetro
- ❖ Bolígrafos
- ❖ Conservadora de plataforma
- ❖ Hielo para conservar las muestras
- ❖ Etiquetas para identificación de las muestras
- ❖ Motocicleta para el traslado
- ❖ Guantes de goma

Todos los materiales empleados se muestran en los anexos A,B y C.

1.3. Método

Para el presente capítulo emplearemos la investigación analítica, descriptiva y cuantitativa donde se analizarán los diferentes parámetros de manera individual para una mejor comprensión además se identificará el área de estudio, los puntos de muestreo hasta concluir con la evaluación de los parámetros.

El presente monitoreo nos brindará resultados con los cuales podremos determinar si las aguas que se descargan de las lagunas de estabilización, están cumpliendo con los límites permitidos para verter aguas residuales a un cuerpo receptor como también determinaremos su grado de contaminación. Dichos límites están establecidos por nuestra ley 1333 y su respectivo reglamento en materia de contaminación hídrica y el índice de Prati para determinar el grado de contaminación; con dichos resultados se plantearán las correspondientes medidas de mitigación.

1.3.1. Identificación del área de estudio

El estudio se efectuará en las comunidades de Bolívar, La angostura, San Martín y Entre ríos. Estas comunidades se encuentran en la parte baja y cierre de la sub cuenca del río Tupiza en las cuales se verificará la afectación a los parámetros del agua del río producida por la descarga de aguas residuales provenientes de las lagunas de estabilización ubicadas en la comunidad de Bolívar con sus coordenadas:

S: 21°29'08''

O: 65°42'43''

1.3.2. Muestreo

Para la realización del presente trabajo dentro el área de estudio nos basaremos en la norma boliviana 496 que nos dice: La toma de muestras destinadas al análisis

organoléptico, físico-químico, metales pesados, compuestos orgánicos, bacteriológico 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 sea confiable, el cual nos indica los procedimientos a seguir.

❖ **Identificación de los puntos de muestreo:** para la ubicación de los puntos de muestreo se tomaron todas las medidas necesarias, para que el sitio sea lo más representativa posible y la muestra sea lo más homogénea. Los puntos de muestreo serán claramente identificados en la etiqueta de los frascos de muestreo.

La distancia entre los puntos 2, 3 y 4 es de 2000 metros debido a que el área de estudio abarca 4000 metros aguas abajo.

La distancia de ubicación del punto 3 se la tomo debido a que en este lugar se encuentra terrazas de cultivo, conglomeración de viviendas las cuales generan residuos que van a parar a los causes del rio, también se tomó consideraciones como que en el lugar las aguas son menos turbulentas y de esta manera la muestra pueda ser mas homogénea y representativa; también esta distancia llevo a coincidir a los 2000 metros aproximados de diferencia del punto 2 es por esta razón que se ubicó a la distancia de 2000 metros. Para el punto 4 se trató de ubicar a los 2000 metros aprox. También tomando en cuenta las áreas de cultivo, las viviendas de la comunidad de Entre Rios y que se encuentre antes de la unión con el rio San Juan del Oro.

Punto de muestreo # 1: El primer punto de muestreo se tendrá 1000 metros aguas arriba del punto de unión entre el agua del rio y el agua de las lagunas de estabilización.



Fuente: google earth

Elaboración: propia

Coordenadas

S: 21°28'42''

O: 65°42'45''

- ❖ **Punto de muestreo # 2:** El punto de muestreo 2 será en el punto de unión del agua del río y el agua de las lagunas de estabilización.



Fuente: google earth

Elaboración: propia

Coordenadas

S: 21°29'25''

O: 65°42'31''

- ❖ **Punto de muestreo # 3:** El punto 3 de la toma de muestra se encuentra en la comunidad de la angostura a 2 Km del punto 2.



Fuente: google earth

Elaboración: propia

Coordenadas

S: 21°30'19''

O: 65°42'18''

- ❖ **Punto de muestreo # 4:** El punto 4 se encuentra en la comunidad de Entre Rios antes de la unión con el otro río (río San Juan del Oro)



Fuente: google earth

Elaboración: propia

Coordenadas

S: 21°31'07''

O: 65°41'53''

- ❖ **Recolección de la muestra:** la recolección de la muestra se efectuara de manera manual al no involucrar mucho equipamiento, se tomara una muestra en cada punto del área de estudio.

La muestra en cada punto se tomara lo más cercano al punto central del eje cause, procurando no remover los lodos del fondo del lecho del rio.

Procedimiento de muestreo parámetros microbiológicos: nos basaremos en la NB 496.

Preparación de los frascos: emplearemos envases de vidrio esterilizados con una capacidad de 500 ml. Para la recolección de la muestra.

Codificación del frasco de muestreo: posterior a la recolección de la muestra realizaremos la respectiva codificación del frasco para un mejor control del mismo el cual llevara el siguiente formulario:

misma. La muestra será extraída lo más cerca posible al centro del cauce sin remover el fondo del mismo; todas las muestras en los cuatro puntos se las recolectara de horas 6: 30 Pm a 7: 30 Pm. Por ser una hora pico donde toda la población se retira a sus casas y emplea una mayor cantidad de agua para su consumo, aseo personal, alimentación, etc. Además se tomara la temperatura en el punto de la muestra.

La muestra se tomara dejando 1cm antes de que el agua llegue al tope del frasco, lo que facilita a homogenizar la muestra antes de sus analisis.

Transporte de la muestra: obtenida la muestra esta será transportada en una conservadora con abundante hielo para su conservación. Para el transporte de la conservadora se empleara un vehículo evitando los movimientos bruscos y trasladándolo al laboratorio en el menor tiempo posible. Tal como se muestra en el anexo C.

Procedimientos de muestreo parámetros físico-químicos: nos basaremos en la NB 496. Estos procedimientos se muestran en el anexo B.

Preparación de los frascos: emplearemos envases de polietileno “botellas pett” con una capacidad de 2 litros. Para la recolección de la muestra.

Codificación del frasco de muestreo: posterior a la recolección de la muestra realizaremos la respectiva codificación del frasco para un mejor control del mismo el cual llevara el siguiente formulario:

Formulario de muestreo
formulario de información básica sobre muestreo
1) Código de la muestra: 2) Hora de muestreo:

agua para su consumo, aseo personal, alimentación, etc. Además se tomara la temperatura en el punto de la muestra.

La muestra se tomara llenando por completo el recipiente, teniendo el cuidado en el momento del cerrado de no dejar alguna burbuja.

Transporte de la muestra: obtenida la muestra esta será transportada en una conservadora con abundante hielo para su conservación. Para el transporte de la conservadora se empleara un vehículo evitando los movimientos bruscos y trasladándolo al laboratorio en el menor tiempo posible. Como se muestra en el anexo C.

Frecuencia de muestreo: de acuerdo a la NB 512 de acuerdo al número de la población se deberá realizar tres repeticiones como mínimo en todos los puntos en los parámetros establecidos. La frecuencia de muestreo será de 5 días de la primera toma de muestra como de la segunda y la tercera esto se debe a que solamente se requiere de 5 días para el análisis del DBO_5 .

1.3.3. Trabajo de laboratorio

Las muestras recolectadas serán analizadas en la ciudad de Tarija en los laboratorios de COSAALT y CEANID. Los parámetros analizados en las tres repeticiones son: DBO_5 , Oxígeno disuelto, Turbidez, Colifecales NMP.

Cuadro 6

Método para determinar los parámetros

PARAMETROS	METODO
Coliformes Fecales NMP	Tubos Múltiples
DBO_5	Oxidimetro
Oxígeno Disuelto	Oximetro

Fuente: COSSALT y CEANID

1.3.4. Interpretación de los resultados

Para el análisis de la variación del DBO_5 en los diferentes puntos emplearemos la curva del tratamiento de aguas residuales de R.S. Ramalho.

Como también la curva de la demanda bioquímica de oxígeno se utiliza como una medida de la cantidad de oxígeno requerida para oxidación, por acción bioquímica aeróbica, de los productos orgánicos biodegradables presentes en una muestra de agua. La DBO_5 es baja en la parte aguas arriba o no contaminada, ya que no hay materia orgánica presente para consumir oxígeno. La DBO_5 aumenta bruscamente en el punto de descarga y disminuye gradualmente aguas abajo a partir de este momento en la medida en la materia orgánica descargada va oxidándose progresivamente hasta alcanzar un valor oxidado a los 2 mg/l indicativo de agua no contaminada.

Todo esto se verificará mediante el monitoreo que efectuaremos al río Tupiza más que todo al área de estudio que comprende a partir del punto 1 en la comunidad de Yurkuma que nos servirá como referencia hasta el punto 4 ubicado en la comunidad de Entre ríos.

También los resultados obtenidos serán analizados de manera individual realizando una comparación con límites máximos permitidos en clasificación de la ley 1333 de medio ambiente y su respectiva RMCH.

Clasificación de agua de acuerdo a su grado de contaminación.

Para determinar el grado de contaminación del río Tupiza emplearemos la ecuación de índice de PRATI y la tabla del cuadro 9, como también el RMCH de la ley 1333 su tabla valores máximos admisibles de parámetros en cuerpos receptores.

Índice de Prati

El índice de Prati, uno de los métodos más utilizados, ha sido adaptado para ser usado en nuestro medio, en estudios anteriores fue empleada en las aguas del río Rocha Provincia Cercado de Cochabamba. Con buenos resultados, el cual considera parámetros para determinar el grado de calidad de las aguas.

Por este motivo, además de ser muy práctico, este índice es muy aplicable y representativo para área de estudio. El índice Prati para la contaminación hídrica es expresado en la siguiente ecuación

$$PI = (1/n) * \sum (X1 + X2)$$

n = número de parámetros.

X = unidad de contaminación mg/l

Ecuaciones de transformación para obtener unidades de concentración de los parámetros.

$$DBO_5: X=Y/1,5$$

$$OD: X=0,08(100-Y)$$

Cuadro 7

Clasificación del grado de contaminación del agua de acuerdo al índice de Prati.

clase	PI	Grado de contaminación	color
1	0-1	No contaminada	Azul
2	1-2	Poco contaminada	Verde
3	2-4	Moderadamente contaminada	Amarillo
4	4-8	Contaminada	Anaranjado
5	8-16	Muy contaminada	Rojo
6	> 16	Altamente contaminada	Negro

Fuente: Índice de "PRATI".

Elaboración: propia

Dentro el RMCH en el anexo A-1nos indica los valores máximos admisibles en cuerpos receptores el cual emplearemos para hacer una comparación con los valores arrojados por nuestro monitoreo efectuado al rio Tupiza y de esta manera también podremos determinar el grado de contaminación.

1.3.5. Propuesta de medidas de mitigación

Todas las propuestas estarán presentadas de acuerdo a los resultados obtenidos del monitoreo efectuado y a la clasificación de acuerdo al índice de PRATI las cuales se deberán adecuar con las características físico biológico del área de estudio y de acuerdo al estado de la contaminación en que se encuentra.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 MARCO CONCEPTUAL

- a) Según la Ley 1333 y su respectiva reglamentación se tiene las siguientes definiciones:

ÁREA DE DESCARGA.- Área de influencia directa de la descarga de aguas residuales crudas o tratadas a un cuerpo receptor que incluye a los puntos de descarga y de dilución o al sistema de drenaje o alcantarillado.

CONTAMINACIÓN DE AGUAS.- Alteración de las propiedades físico-químicas 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.

CLASIFICACION: Establecimiento del nivel de calidad existente o el nivel a ser alcanzado y/o mantenido en un cuerpo de agua.

CUERPO RECEPTOR.- Medio donde se descargan aguas residuales crudas o tratadas.

CUENCA: Zona geográfica que contribuye con la esorrentía de las aguas pluviales hacia un cauce natural.

DESCARGA.- Vertido de aguas residuales crudas o tratadas en un cuerpo receptor.

DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno (en mg/l). Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer biológicamente la materia orgánica carbonácea. Se determina en laboratorio a una temperatura de 20° C y en 5 días.

EFLUENTE CONTAMINADO.- Toda descarga líquida que contenga cualquier forma de materia inorgánica y/u orgánica o energía, que no cumplan los límites establecidos en el presente Reglamento.

LÍMITE PERMISIBLE.- Concentración máxima o mínima permitida, según corresponda, de un elemento, compuesto o microorganismo en el agua, para preservar la salud y el bienestar humano y el equilibrio ecológico, en concordancia con las clases establecidas.

LABORATORIO AUTORIZADO: Laboratorio que ha obtenido la acreditación del MDSMA para efectuar análisis físico-químicos y biológicos de las aguas naturales, aguas residuales, cuerpos receptores y otros necesarios para el control de la calidad del agua.

MONITOREO.- Evaluación sistemática cuantitativa y cualitativa de la calidad del agua.

PREVENCION: Disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro de la calidad del agua.

SÓLIDOS SEDIMENTALES.- Volumen que ocupan las partículas sólidas contenidas en un volumen definido de agua, decantadas en 2 horas.

TRATAMIENTO.- Proceso físico, químico y/o biológico que modifica alguna propiedad física, química y/o biológica del agua residual cruda.

ESTIAJE: Se le denomina a una temporada o periodo común donde la disponibilidad de agua (cuerpos de agua) y lluvia, está por debajo del promedio anual esperado en una región o cuenca hidrológica.

1.2 MARCO TEORICO

Problemática general de las aguas residuales.

Las aguas residuales plantearán el mayor problema con que se enfrentará la humanidad en los próximos años. En los países con escasas disponibilidades de agua dulce, la situación se volverá más aguda. Las aguas residuales producen una serie de alteraciones en los cursos y planos de agua debido a los diversos productos que contienen, ya que las áreas receptoras son cada vez menos capaces de asimilar. La capacidad de auto depuración de una masa de agua es siempre limitada, mientras que el vertido de residuos a ella no tiene freno en el momento actual. Es decir, el volumen de aguas residuales depuradas no alcanza en ningún punto el nivel que debería tener hasta compensar la diferencia que existe con la capacidad de auto depuración de los ríos.

La expansión urbana y el aumento del consumo hídrico consecuente, han provocado un crecimiento proporcional de las aguas residuales generadas. Entre un 70 y 80% de las aguas recibidas a nivel domiciliario se transforman en residuales vertiéndose en las redes de saneamiento, si las hay, o en drenajes de diverso tipo, para terminar engrosando los cuerpos de agua naturales. Del mismo modo, las aguas utilizadas por la industria, ya sea para ser consumidas en los procesos industriales, en el enfriado o en la limpieza, también se vierten en las redes y canales de desagüe, culminando su itinerario en ríos, lagos y mares. (M. Seoanez 1995)

Esta situación está transformándose gradualmente en un problema crítico en muchas partes del mundo. En ciertas áreas densamente pobladas los volúmenes vertidos exceden en mucho las posibilidades de recepción de los cursos de agua, lagos y ambientes litorales o estuarios. El resultado es una degradación creciente y la destrucción de los recursos biológicos que de ellos dependen. Este problema se ha vuelto común en todas las grandes urbes de América Latina, África y Asia.

De todos modos, existen numerosas razones, ambientales, sociales, sanitarias e incluso económicas, que impulsan a extremar esfuerzos en esa tarea. El tratamiento generalizado y completo de todas las aguas residuales urbanas y agropecuarias se ha transformado en una necesidad urgente, si queremos evitar que el planeta se transforme en un mundo de aguas residuales. (M.J.E. Cortés 1993)

Contaminación del agua

Se define como contaminación del agua a cualquier modificación, natural o artificial, que directa o indirectamente cambia la calidad original y perturbe o destruye los recursos naturales (FAO, 1993). Puede causar riesgos sanitarios, reducir el bienestar del hombre y de las comunidades acuáticas y perjudicar el mejor uso del agua actual o potencial para el que está destinada (Miador, 1993).

La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas ya sea debido a residuos urbanos o industriales, puede ser ocasionada por agentes como bacterias, virus y otros microorganismos, materia orgánica, metales pesados, detergentes, insecticidas, fungicidas, plaguicidas (Rueda, 2000).

Aguas residuales urbanas

Las aguas residuales urbanas no alcanzan, el nivel que deberían tener para compensar la diferencia que existe con la capacidad depuradora de los ríos. Las aguas residuales de las urbes, sin residuos industriales, provocan una perturbación que se manifiesta principalmente por la disminución del oxígeno disuelto debido a la materia orgánica que agregan. Estas se originan mediante el aporte de desechos humanos y animales, residuos domésticos, de restos vegetales, de aguas de lluvia, aguas de lavado y otros: (Seoanez, 1995).

De acuerdo a la Unidad de Medio Ambiente del Ministerio de Minería y Metalurgia: Se tiene a nivel nacional zonas afectadas por los impactos ambientales de la minería. Estas son:

- ❖ Departamento de Potosí: Potosí, Quechisla y Tupiza, con contaminación por drenajes ácidos de rocas, minas y por metales pesados.

La contaminación de la cuenca del Pilcomayo sin duda es el caso más crítico del país y posiblemente una de las situaciones más urgentes de Sudamérica.

La contaminación afecta tanto a la cuenca central del río como a sus numerosos afluentes: Turuchipa, Mataka, Vitichi, Pailaviri, Huayna Mayra, Challviri, Caiza, Yura, Jatum Mayu, Tumusla, Cotagaita, **Tupiza**, Pilaya, entre los más importantes.

Los efectos no sólo se dan en los cuerpos de agua, como ser ríos, quebradas o lagunas sino también sobre las terrazas aluviales bajas y las planicies próximas a los ríos. (ESTADO AMBIENTAL DE BOLIVIA 2007-2008 “LIDEMA”).

Descripción de los Parámetros básicos del RMCH:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Esta medida determina la cantidad de materia orgánica bioquímicamente degradable presente en una muestra de agua, la cual mide la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para estabilizar la materia orgánica en condiciones aeróbicas. Su valor sube a más de 10 mg/l, cuando hay una descarga alta de materia orgánica que disminuye la capacidad de producción de oxígeno y provoca una anaerobiosis de los sedimentos, que liberan amoníaco, fosfatos y metales, produciendo malos olores (Tetzaguic, 2002).

La cantidad de DBO5 está en relación inversa con la cantidad de Oxígeno disuelto, ya que si aumenta la producción de oxígeno disminuirá la DBO5 por la acción de las bacterias aeróbicas que tienen capacidad para degradar la materia orgánica. Debe medirse a los 5 días y a 20° C. Se recomiendan valores inferiores a 10mg/l para agua de consumo humano (MINAE, 2003; OMS, 2002).

Oxígeno Disuelto (OD)

Este parámetro es vital para el estudio de contaminación de los sistemas acuáticos, ya que los organismos necesitan oxígeno para cumplir su proceso metabólico. Su relación con el DBO5 es fuente para analizar problemas de eutrofización, como consecuencia de una carga excesiva de materia orgánica (Basterrechea, 1997).

Los niveles de oxígeno disuelto varían entre 0 - 18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 a 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática. Además, los niveles de OD a veces se expresan en términos de Porcentaje de Saturación (Bartram y Ballance, 1996; Mitchell y Stapp, 1996; Stevens Institute of Technology, 2004).

Temperatura (°C)

La temperatura del agua es un indicador de la salud del ecosistema, el lavado de los márgenes del río por la deforestación y falta de protección de las riberas, produce lodos que ingresan al cauce, elevando la temperatura del agua (Bartram y Ballance, 1996).

Este parámetro está relacionado directamente con la tasa fotosintética de las plantas y características reproductivas de los organismos acuáticos, pues en la medida que la

temperatura del agua sube, aumenta el grado de fotosíntesis y crecimiento de plantas, de tal forma que se demanda mayor cantidad de oxígeno para cumplir los procesos fotosintéticos (Roldán, 1992). Además, reduce la cantidad de oxígeno disponible para los organismos, los peces e insectos acuáticos que se vuelven más vulnerables a enfermedades, producto del proceso de Eutrofización (Laidlaw, 2003).

Coliforme fecal (NMP/100ml)

Indicador biológico de la descarga de materia orgánica. Su presencia es evidencia de contaminación fecal, los cuales tienen su origen en las excretas de animales de sangre caliente. La mayoría de estos organismos son anaeróbicos y facultativos, pero otros dependen del oxígeno disuelto para realizar procesos de metabolización (Bartram y Ballance, 1996). Aunque no es posible distinguir entre coliformes de origen humano o animal, existen ensayos para diferenciar entre coliformes totales, que incluyen los de animales y suelo y coliformes fecales, que incluyen únicamente los humanos (Bartram y Ballance 1996).

Químicamente es un bacilo gramnegativo no esporulado, que puede desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con similares propiedades de inhibición de crecimiento, no tienen citocromo oxidasa y fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a temperaturas de 44 o 44,5 °C, en un período de 24 a 48 horas. También se les designa como Coliformes termo-resistentes o termotolerantes (MINAE, 2003).

SEGÚN EL REGLAMENTO EN MATERIA DE CONTAMINACION HIDRICA

De la clasificación de cuerpos de aguas

Artículo 4°. La clasificación de los cuerpos de agua, según las clases señaladas en el Cuadro N° 1 - Anexo A del presente reglamento, basada en su aptitud de uso y de acuerdo con las políticas ambientales del país en el marco del desarrollo sostenible, será determinada por el MDSMA. Para ello, las instancias ambientales dependientes del prefecto deberán proponer una clasificación, adjuntando la documentación suficiente para comprobar la pertinencia de dicha clasificación. Esta documentación contendrá como mínimo: Análisis de aguas del curso receptor a ser clasificado, que

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

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

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

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

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

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

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

Artículo 5°. Los límites máximos de parámetros permitidos en cuerpos de agua que se pueda utilizar como cuerpos receptores, son los indicados en el Cuadro N° A-I del Anexo A de este Reglamento.

Artículo 6°. Se considera como PARAMETROS BASICOS, 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.

Artículo 7°. En la clasificación de los cuerpos de agua se permitirá que hasta veinte de los parámetros especificados en el Cuadro N° A-1 superen los valores máximos admisibles indicados para la clase de agua que corresponda asignar al cuerpo, con las siguientes limitaciones:

1. Ninguno de los veinte parámetros puede pertenecer a los PARAMETROS BASICOS del Art. 6°.
2. El exceso no debe superar el 50% del valor máximo admisible del parámetro.

LIMITES MÁXIMOS ADMISIBLES DE PARAMETROS EN CUERPOS RECEPTORES.

Artículo 1°. Los límites de calidad de las Clases A, B, C y D de cuerpos receptores en las que se han clasificado los cuerpos de agua se presentan en el Cuadro N° A-1.

Cuadro 1

VALORES MAXIMOS ADMISIBLES DE PARAMETROS EN CUERPOS RECEPTORES.

No	Parámetro	Unidad	Clase "A"	Clase "B"	Clase "C"	Clase "D"
1	Solidos sedimentables	mg/l	<10	<30-0,1	<50-<1	100-<1
2	Temperatura	°C	+/- 3 °C de C. receptor	+/- 3 °C de C. receptor	+/- 3 °C de C. receptor	+/- 3 °C de C. receptor
3	DBO ₅	Mg/l	<2	<5	<20	<30
4	Oxígeno disuelto	Mg/l	>80 % sat.	>70 % sat.	>60 % sat.	>50% sat.
5	Turbidez	UNT	<10	<50	<100<200	<200-10000
6	Colifecales NMP	N/100ml	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra
7	Color	UCV Pt/Co	<10	<50	<100	<200

Fuente: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica Elaboración: propia

Cuadro 2

Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso:

Nº	Usos	Clase "A"	Clase "B"	Clase "C"	Clase "D"
1	Para abastecimiento de agua potable después de:				
	Sólo una desinfección y ningún tratamiento	SI	NO	NO	NO
	Tratamiento solamente físico y desinfección	NO necesario	SI	NO	NO
	Tratamiento físico-químico completo coagulación, floculación, filtración y desinfección	No necesario	No necesario	SI	NO
	Almacenamiento prolongado o pre sedimentación, seguidos de tratamientos, al igual que c)	No necesario	No necesario	No necesario	SI
2	Para recreación de contacto primario, natación, esquí, inmersión.	SI	SI	SI	NO
3	Para protección de los recursos hidrobiológicos	SI	SI	SI	NO
4	Para riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cáscara delgada, que sean ingeridas crudas sin remoción de ella	SI	SI	NO	NO
5	Para abastecimiento industrial	SI	SI	SI	SI
6	Para la cría natural/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana	SI	SI	SI	NO
7	Para abrevadero de animales	NO (*)	SI	SI	NO
8	Para la navegación (***)	NO (**)	SI	SI	SI

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

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

(**) No a navegación a motor

(***) No aplicable a acuíferos

Fuente: Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

Índice de “Prati”

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.

Para obtener el valor del Índice de calidad Prati se utilizaron los siguientes parámetros: oxígeno disuelto (O2D), potencial de hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), Nitratos (NO3-). Cada una de estas variables se obtuvo aplicando una ecuación de transformación requerida por el índice.

En siguiente tabla se detalla las ecuaciones planteadas para obtener unidades de concentración de los valores por cada parámetro físico-químico que fue evaluado, el cual se aplica a la ecuación de prati.

Ecuaciones de transformación para obtener unidades de concentración de los parámetros.

Parámetro	Rangos de parámetro	Ecuación
PH	< pH 5-7	$X = 2^{*(7-Y)}$
	< pH 7 -9	$X = (Y-7)^2$
OD	< Saturación 50-100%	$X = 0.08 *(100-Y)$
DBO ₅	Mg/l	$X = Y/1.5$
DQO	Mg/l	$X = Y/10$
NO ₃ -N	Mg/l	$X = 2^{2.1*\log(Y/0.9)}$

Fuente: índice de “Prati”

Y= Valor medido

X = unidad de contaminación mg/l

Los valores obtenidos de la ecuación de transformación para cada parámetro, se aplicaron a la ecuación para obtener el valor del Índice Prati, descrita a continuación:

Ecuación N° 1

$$PI = (1/n) * \sum (X1 + X2)$$

n = número de parámetros.

X = unidad de contaminación mg/l

Este índice fue diseñado para aguas con potencial uso humano y no incorpora el efecto de sustancias tóxicas, tales como pesticidas o metales pesados (Menezes, 2003). De acuerdo a un código asignado a cada clase, se determina el nivel de contaminación presente en los cuerpos de agua monitoreados.

Clasificación del grado de contaminación del agua de acuerdo al índice de Prati.

clase	PI	Grado de contaminación	color
1	0-1	No contaminada	Azul
2	1-2	Poco contaminada	Verde
3	2-4	Moderadamente contaminada	Amarillo
4	4-8	Contaminada	Anaranjado
5	8-16	Muy contaminada	Rojo
6	> 16	Altamente contaminada	Negro

Fuente: Índice de “Prati”

1.3 MARCO LEGAL

- a) Constitución Política del Estado; según los artículos 373 y 376 dice lo siguiente:

Artículo 373. 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.

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 disminuyan los caudales, preservará el estado natural y velará por el desarrollo y bienestar de la población. (Asamblea constituyente de Bolivia nueva constitución política del estado congreso nacional octubre 2008)

b) Según la Ley 1333 del Medio Ambiente,

ARTICULO 17°.- Es deber del Estado y la sociedad, garantizar el derecho que tiene toda persona y ser viviente a disfrutar de un ambiente sano y agradable en el desarrollo y ejercicio de sus actividades.

ARTICULO 20°.- Se consideran actividades y/o factores susceptibles de degradar el medio ambiente; cuando excedan los límites permisibles a establecerse en reglamentación expresa, los que a continuación se enumeran:

- I. Los que contaminan el aire, las aguas en todos sus estados, el suelo y el subsuelo.
- II. Los que producen alteraciones nocivas de las condiciones hidrológicas, edafológicas, geomorfológicas y climáticas.

ARTÍCULO 36 °.- señala 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. Ley del Medio Ambiente N° 1333 del 27 de abril de 1992

c) Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH)

Artículo 1° La presente disposición legal reglamenta la Ley del Medio Ambiente N° 1333 del 27 de abril de 1992 en los 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, publica privada, cuyas actividades industriales, comerciales, agropecuarias, domésticas, recreativas y otras, puedan causar contaminación de cualquier recurso hídrico.

NORMA BOLIVIANA 496 Agua Potable - Toma de Muestras:

La determinación de los parámetros físico-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/o radiológicos y determinar su calidad.

CAMPO DE APLICACIÓN

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

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de los parámetros microbiológicos realizados en los laboratorios de COSAALT LTDA los cuales se muestran en el anexo G.

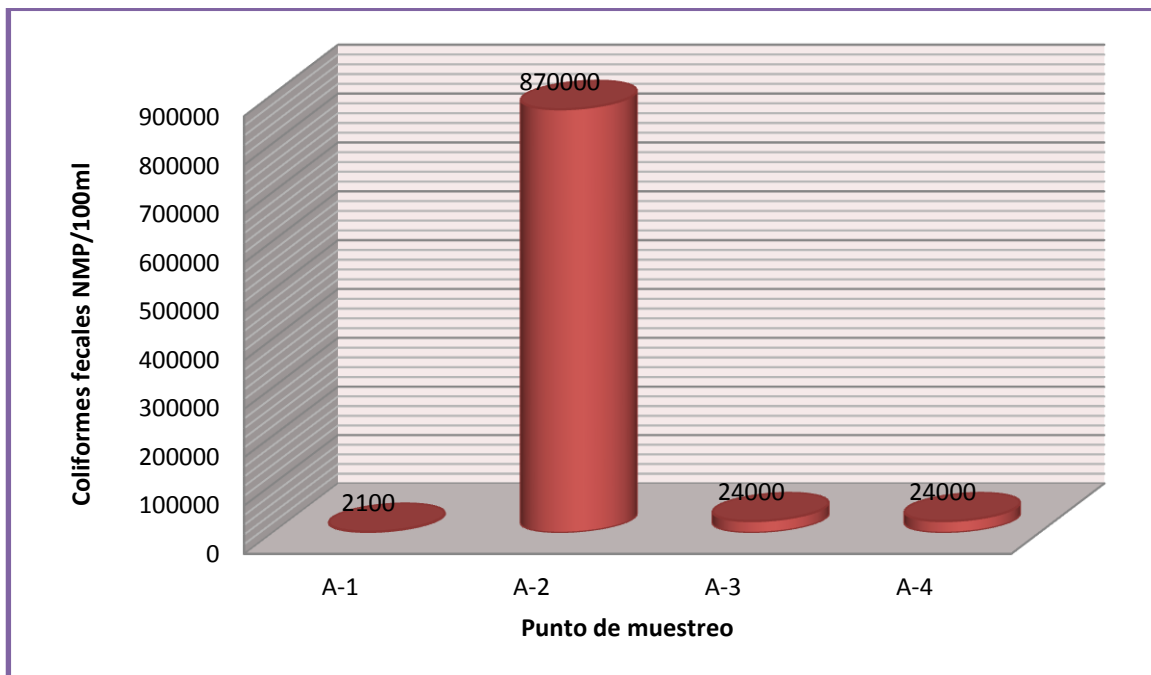
Cuadro 8
MUESTRA N^o: A
Coliformes fecales NMP/100ml

Punto de muestreo	Resultado	Límites permisibles			
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
A-1	2,1E+03	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra
A-2	8,7E+05	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra
A-3	2,4E+04	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra
A-4	2,4E+04	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra

Fuente: RMCH.

Elaboración: propia

Grafica 1
MUESTRA N^o: A
Coliformes fecales NMP/100ml



Fuente: COSAALT

Elaboración: propia

En los resultados obtenidos por COSAALT de las diferentes muestras A obtenidas en los puntos de muestreo se tiene valores elevados de presencia de Coliformes fecales, podemos apreciar que en el punto 2 se tiene un aumento considerable de coliformes fecales los cuales van descendiendo conforme transcurre hacia los puntos 3 y 4 llegando en este punto a normalizarse alcanzando un valor similar al punto 1. Realizando una comparación con los límites permisibles de la clasificación de cuerpos receptores del reglamento en materia de contaminación hídrica de la Ley 1333 se puede evidenciar que en los diferentes puntos podemos clasificar al río Tupiza:

- Punto 1: se la clasifica en clase C debido a que los valores se encuentran por debajo de los límites permisibles.
- Punto 2: los valores recolectados de este punto sobrepasan los límites permisibles de las diferentes clasificaciones por lo cual se deberá realizar

algunas medidas para disminuir los niveles de coliformes fecales para que este punto pueda ingresar en alguna clasificación

- Punto 3: a este punto se la clasifica en la clase D debido a que los valores están por debajo de los límites.
- Punto 4: este punto es de mayor importancia ya que esta zona se caracteriza por tener un atractivo turístico y emplearse como un lugar de esparcimiento para las personas provenientes de la ciudad. Por lo cual de acuerdo con los valores obtenidos se encuentra en la clase D.

El río Tupiza en el área de estudio posee elevados niveles de coliformes fecales por lo cual el río están clasificadas dentro las clases C y D.

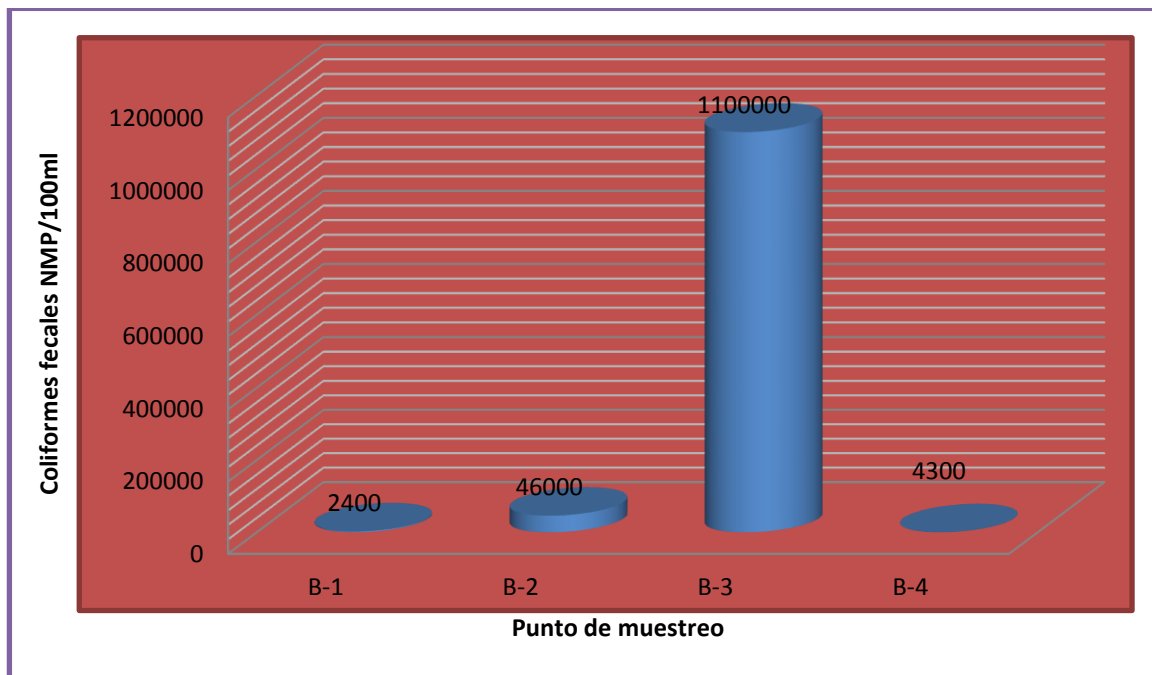
Cuadro 9
MUESTRA N^o: B
Coliformes fecales NMP/100ml

Punto de muestreo	Resultado	Límites permisibles			
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
B-1	2,4E+03	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra
B-2	4,6E+04	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra
B-3	1,1E+06	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra
B-4	4,3E+03	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra

Fuente: RMCH.

Elaboración: propia

Grafica 2
 MUESTRA N^o: B
 Coliformes fecales NMP/100ml



Fuente: COSAALT

Elaboración: propia

En el muestreo B también se evidencia que el punto 2 las coliformes fecales se encuentran con valores elevados al igual que en el muestreo A pero a comparación con el anterior muestreo realizado la principal diferencia que se puede evidenciar que los valores en el punto 3 son mayores al punto 2, esto se debido a que por un costado del cauce se encuentra un canal de riego de las comunidades de la angostura y entre Rios, este canal se abastece de agua de un ojo filtrante ubicado en S: 21°28'25'' O: 65°42'53'' antes de las lagunas de estabilización y en su recorrido tiene contacto con las cañerías que transportan el agua servida de la ciudad a las lagunas.



Fuente: google earth

Elaboración: propia

En este tramo entre el canal y las cañerías se puede verificar que estas tienen fisuras descargando aguas sin tratar al canal de riego.

Para que el punto 3 nos brinde un valor elevado se evidencio que se produjo en fecha 13 de octubre del 2014 una ruptura del canal de riego al ingreso de la comunidad la angostura S: 21°30'17,5'' O: 65°42'32'' descargando esta agua al rio Tupiza pocos metros antes del punto de muestreo.



Fuente: google earth

Elaboración: propia

En este muestreo podemos clasificar a los puntos en las categorías C y D.

- Punto 1: se clasifica en la clase C.
- Punto 2: se clasifica en la clase D.
- Punto 3: no cumple con ninguno de los límites permisibles
- Punto 4: se lo clasifica en la clase C.

Unas veces realizadas la clasificación de acuerdo al RMCH al igual que el muestreo A no se tiene grandes variaciones clasificándose en las clases C y D.

Cuadro 10

MUESTRA N^o: C

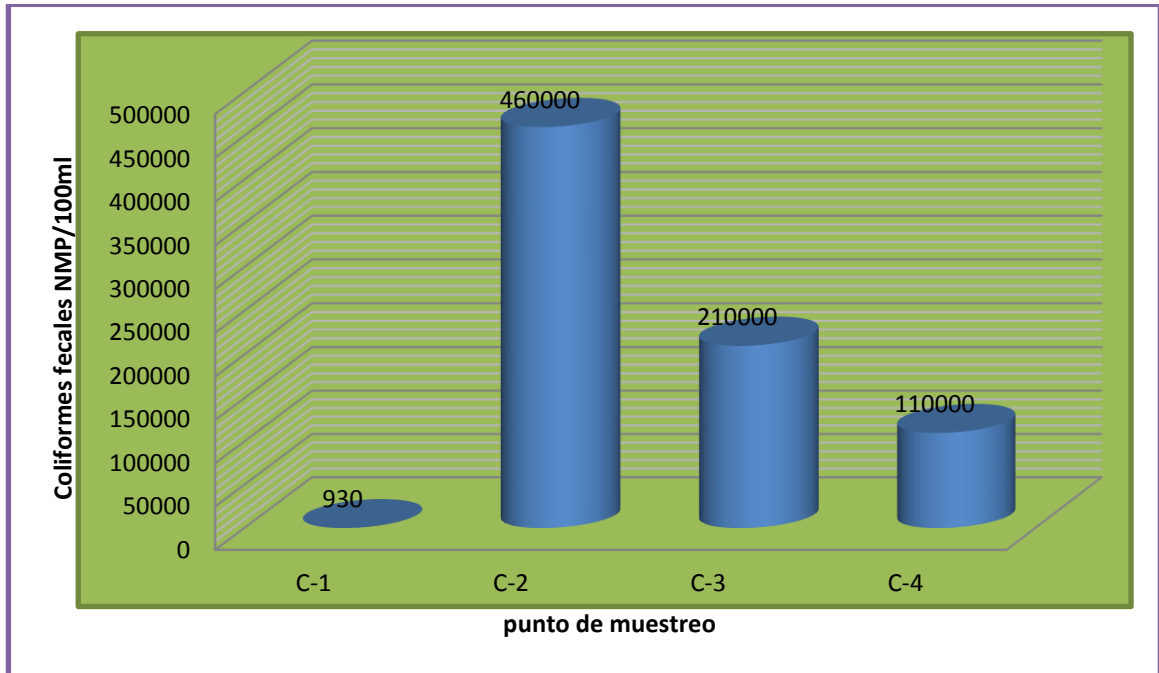
Coliformes fecales NMP/100ml

Punto de muestreo	Resultado	Límites permisibles			
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
C-1	9,3E+02	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra
C-2	4,6E+05	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra
C-3	2,1E+05	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra
C-4	1,1E+05	<50 y <5 en 80 % de muestra	<1000 y <200 en 80 % de muestra	<5000 y <1000 en 80 % de muestra	<50000 y <5000 en 80% de muestra

Fuente: RMCH.

Elaboración: propia

Grafica 3
 MUESTRA N^o: C
 Coliformes fecales NMP/100ml



Fuente: COSAALT

Elaboración: propia

En este muestreo podemos apreciar que se tiene una variación considerable con respecto al muestreo A, por tal motivo la contaminación por el vertido de aguas va en aumento.

En el muestreo C tres de los cuatro puntos no cumplen con ninguno de los límites permisibles por lo cual se debe tomar mayor atención a este parámetro.

- Punto 1: clase A
- Punto 2: no cumple
- Punto 3: no cumple
- Punto 4: no cumple

Haciendo un análisis de los tres muestreos en diferentes fechas efectuadas en el río Tupiza se puede evidenciar que la contaminación va en ascenso en los cuatro puntos,

conforme transcurre el tiempo la contaminación se va acumulando a lo largo del río arrastrando su contaminación aguas abajo.

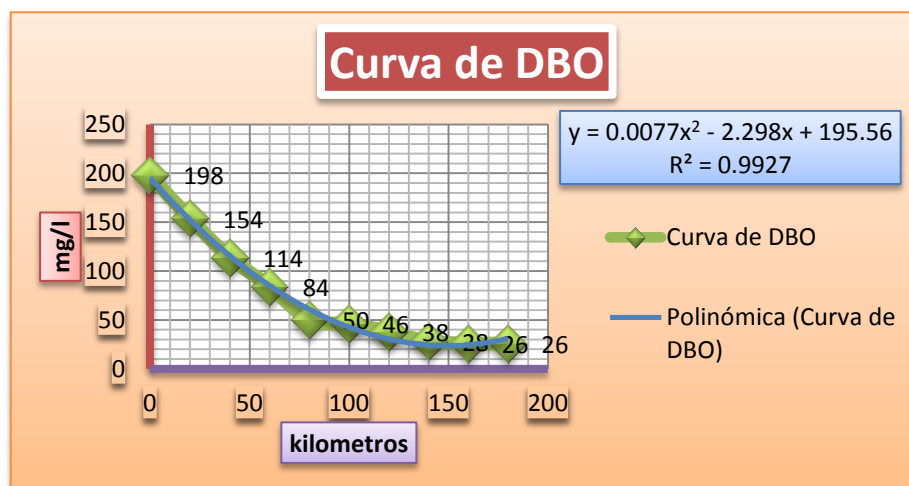
A continuación se presentan los resultados de los parámetros físico-químicos realizados en los laboratorios de CEANID Tarija los cuales se encuentran en el anexo G.

Cuadro 11
MUESTRA A
Análisis físico-químicos

Parámetros	unidades	Resultados				Límites permisibles			
		A-1	A-2	A-3	A-4	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Color	UCV (Pt-Co)	5	4	6	9	<10	<50	<100	<200
DBO ₅	mg/l	35,6	114	36,7	36,1	<2	<5	<20	<30
Oxígeno disuelto	mg/l	5,71	3,40	4,38	4,91	>80 % sat.	>70 % sat.	>60 % sat.	>50% sat.
Sólidos sedimentables	mg/l	0,1	<0,1	0,20	<0,1	<10	<30-0,1	<50-<1	100-<1
Turbiedad	UNT	30,4	5,48	7,20	5,06	<10	<50	<100<200	<200-10000

Fuente: RMCH. Elaboración: Propia

Gráfica 4
DBO₅ del R.S. Ramalho

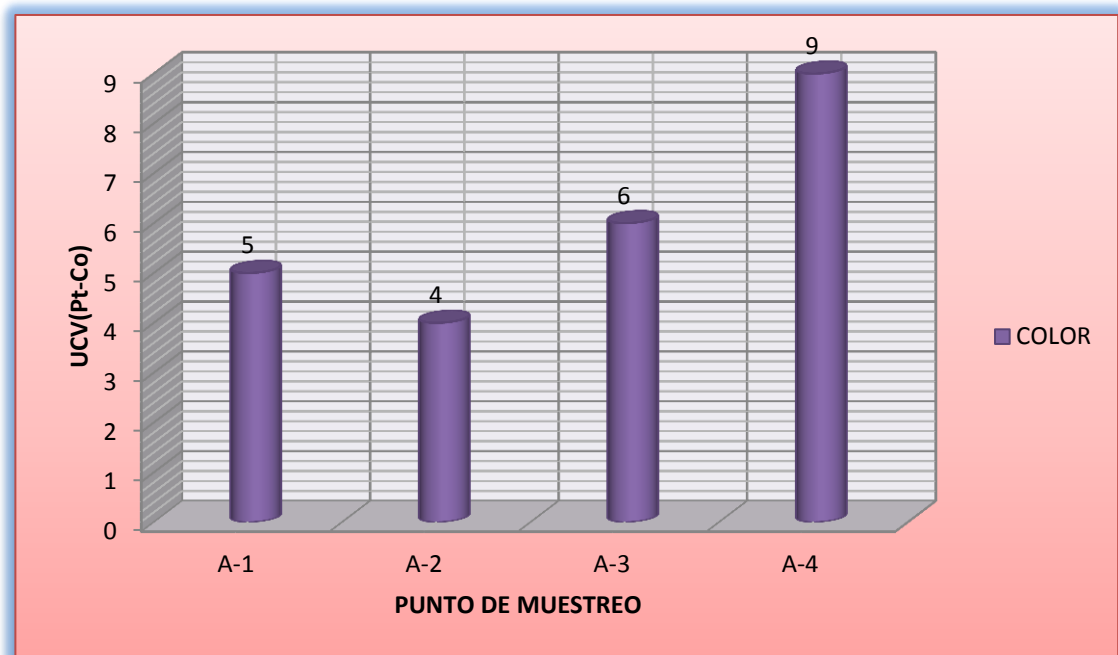


Fuente: tratamiento de aguas residuales de R.S. Ramalho

Elaboración: Propia

Se empleara la ecuación poli nómica de segundo grado para la curva del DBO5 debido a que la curva que nos genera no tiene variaciones aguas abajo, nos brinda una figura de una curva pura la cual no sufrirá variación alguna o cambio alguno aguas abajo.

Grafica 5
Color



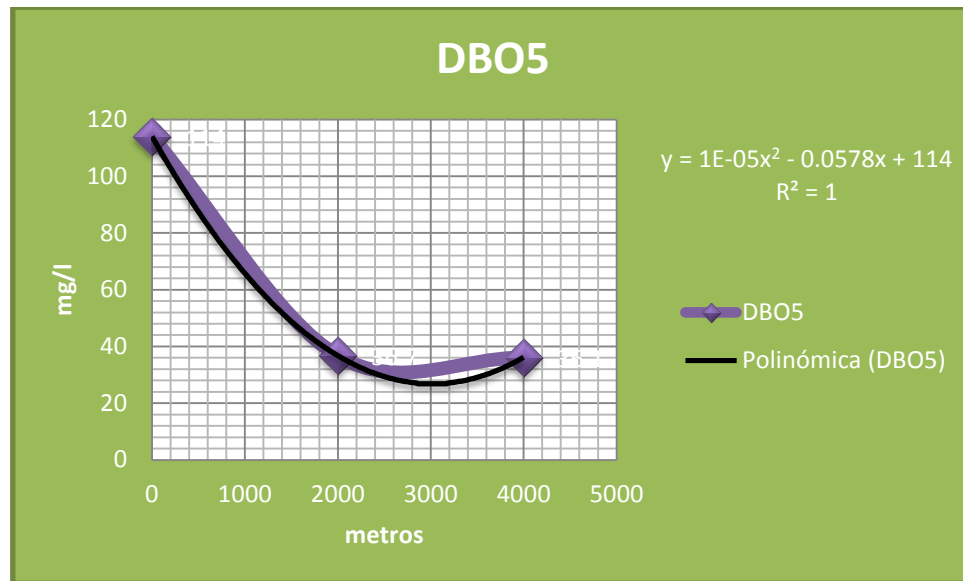
Fuente: CEANID

Elaboración: propia

De acuerdo a los resultados obtenidos del muestreo A en cuanto a los parámetros físicos del color según al reglamento en materia de contaminación hídrica de la ley 1333 los cuatro puntos se clasifican en la clase A.

Indicativo de buena calidad de agua no contaminada en cuanto a este parámetro.

Grafica 6

DBO₅

Fuente: CEANID

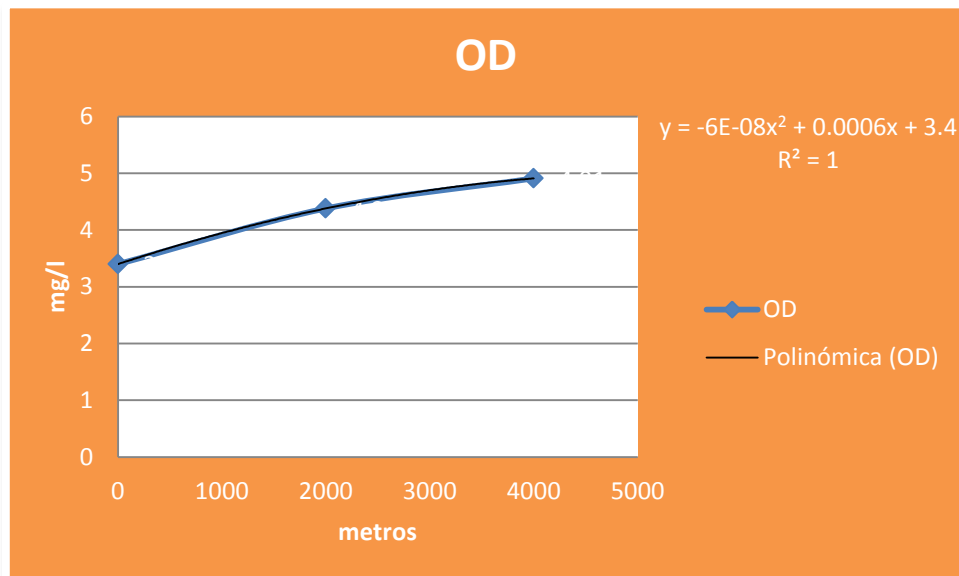
Elaboración: propia

El punto 2 podemos apreciar que se requiere elevados niveles de oxígeno para degradar la materia orgánica lo cual va descendiendo en los puntos 3 y 4 aguas abajo disminuyendo el requerimiento de oxígeno.

De acuerdo a los parámetros químicos realizados en el muestreo A los resultados obtenidos del DBO₅ por el CEANID los 4 puntos se encuentran por encima de los límites permisibles de la clasificación de los cuerpos receptores de acuerdo al RMCH de la ley 1333.

- Punto 1: no cumple
- Punto 2: no cumple
- Punto 3: no cumple
- Punto 4: no cumple

Grafica 7
Oxigeno disuelto



Fuente: CEANID

Elaboración: propia

Los datos obtenidos se encuentran al 80 % de Sat.

La muestra se tomó a una temperatura de 20° C, por lo cual se tiene una saturación de O₂ disuelto de 8.84 mg/l. de acuerdo a la tabla del anexo F.

Para corroborar el dato obtenido en el muestreo emplearemos la fórmula:

$8.84 * \% = \text{OD de la muestra}$

CLASE A = $8.84 * 0.8 = 7.07$

CLASE B = $8.84 * 0.7 = 6.18$

CLASE C = $8.84 * 0.6 = 5.3$

CLASE D = $8.84 * 0.5 = 4.42$

De acuerdo a los datos obtenidos clasificaremos al curso en:

Clase A: 6.19 a 7.07

Clase B: 5.4 a 6.18

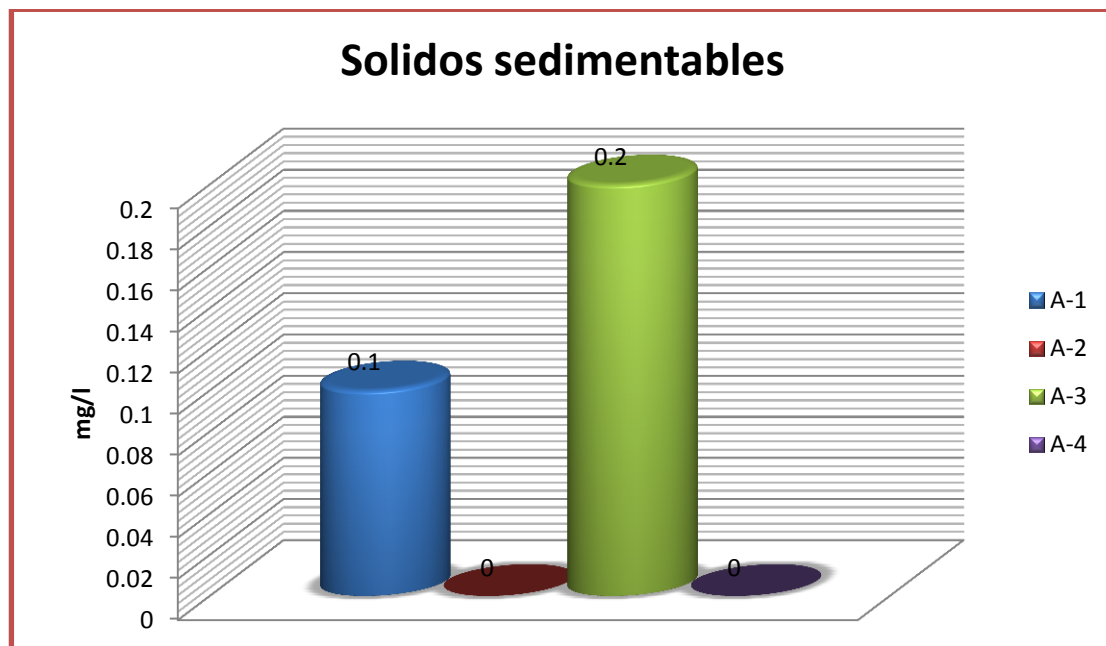
Clase C: 4.43 a 5.3

Clase D: a 4.42

- Punto 1: clase B
- Punto 2: clase D
- Punto 3: clase D
- Punto 4: clase C

De acuerdo a la clasificación efectuada se tiene bajos niveles de oxígeno disuelto por lo cual se requiere mejorar el tratamiento de las aguas para mejorar el oxígeno del agua estos niveles bajos se deben a la cantidad de materia orgánica por degradar.

Grafica 8
Solidos sedimentables



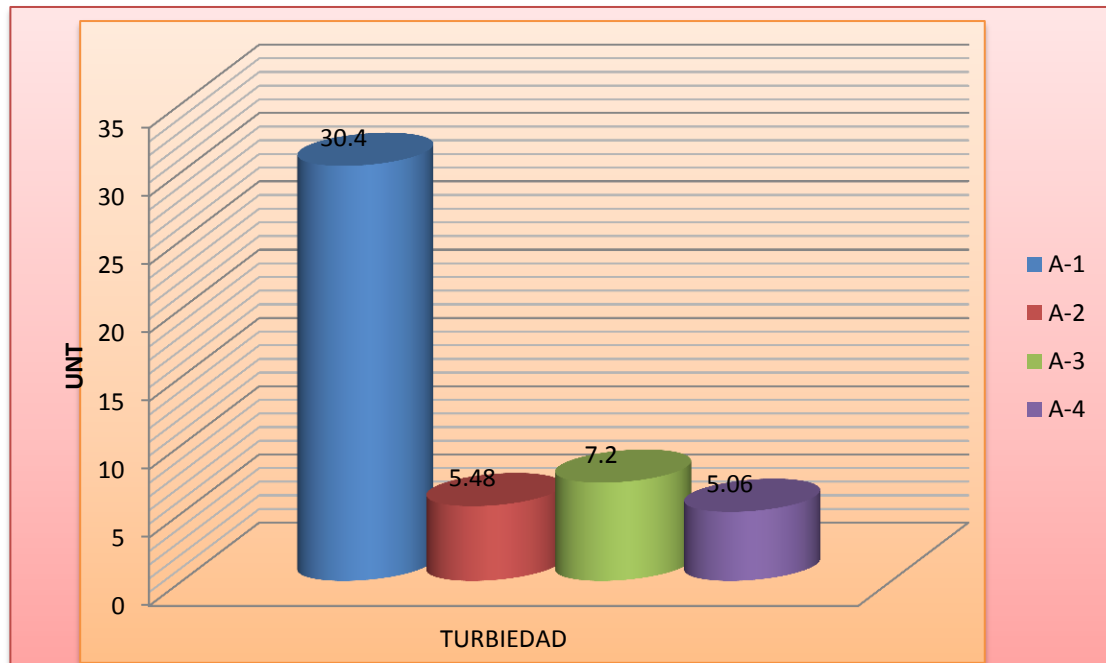
Fuente: CEANID

Elaboración: propia

De acuerdo al muestreo A los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites permisibles por lo cual los cuatro puntos se encuentran clasificados en la clase A.

En este muestreo se tiene bajos niveles de solidos sedimentables los cuales se encuentran por debajo de los límites permisibles según la clasificación de los cuerpos receptores del RMCH. Por lo cual no se requiere efectuar ningún tratamiento para disminuir este parámetro.

Grafica 9
Turbiedad



Fuente: CEANID

Elaboración: propia

Los valores obtenidos en el muestreo A sobre la turbiedad se clasifica en:

- Punto 1: clase B
- Punto 2: clase A
- Punto 3: clase A
- Punto 4: clase A

La turbiedad disminuye a partir del punto 2 clasificándose el río en la clase A lo cual nos indica que se tiene una buena penetración de la luz para el desarrollo de la vida en

el agua también es un indicativo de que se tiene una baja cantidad de solidos finamente divididos en el agua.

Cuadro 12

MUESTRA: B

Análisis físico-químicos

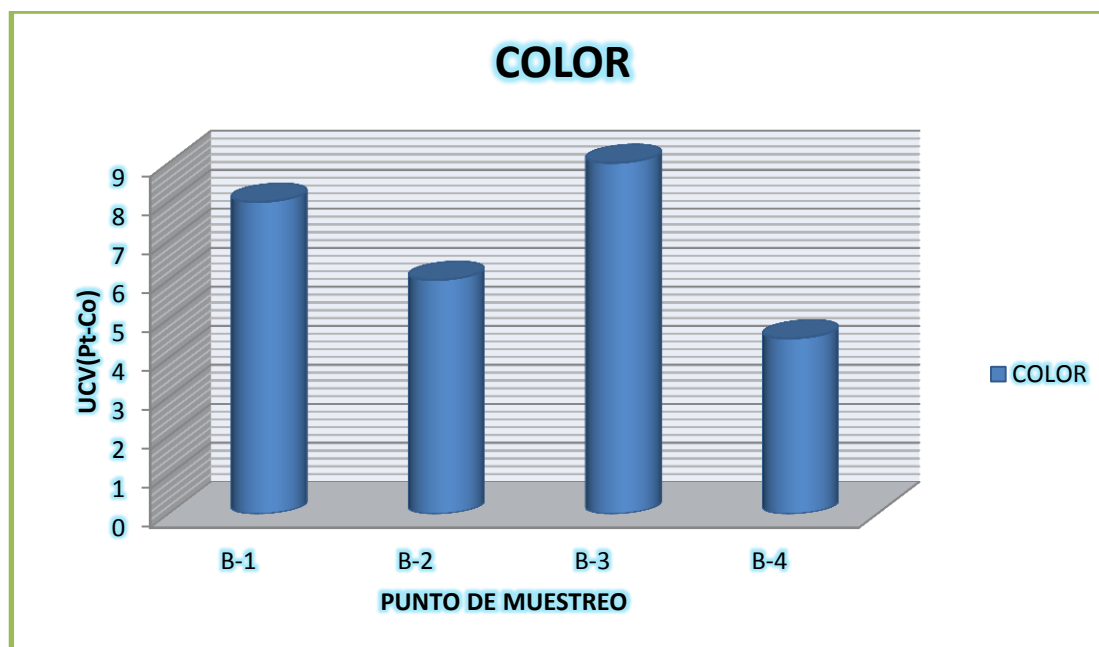
Parámetros	unidades	Resultados				Límites permisibles			
		B-1	B-2	B-3	B-4	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Color	UCV (Pt-Co)	8	6	9	10	<10	<50	<100	<200
DBO ₅	mg/l	20,4	173	16,4	13,7	<2	<5	<20	<30
Oxígeno disuelto	mg/l	6,24	1,15	4,5	5,4	>80 % sat.	>70 % sat.	>60 % sat.	>50% sat.
Solidos sedimentables	mg/l	0,2	0,3	0,3	0,1	<10	<30-0,1	<50-<1	100-<1
Turbiedad	UNT	17,6	20,1	7,10	3,29	<10	<50	<100<200	<200-10000

Fuente: RMCH.

Elaboración: propia

Grafica 10

Color



Fuente: CEANID

Elaboración: propia

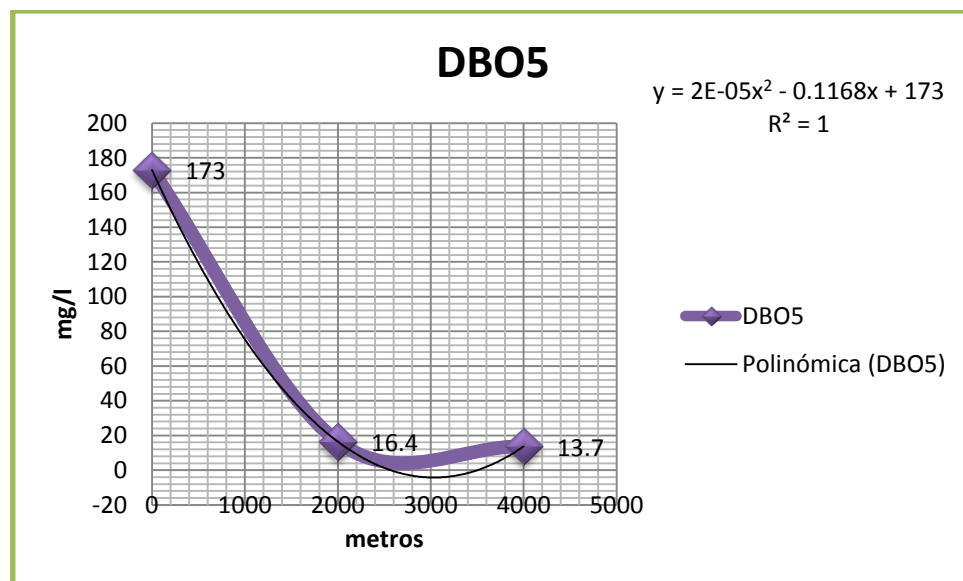
De acuerdo al muestreo B realizado a 5 días de diferencia con el muestreo A los cuatro puntos se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a la clasificación de los cuerpos receptores del RMCH. Los 4 puntos se encuentran clasificados en la clase A.

Al igual que el muestreo A los cuatro puntos tiene colores aceptables indicativos de una buena calidad de agua.

Durante el monitoreo no se tiene variación alguna con referencia al muestreo A con el muestreo B.

Grafica 11

DBO₅



Fuente: CEANID

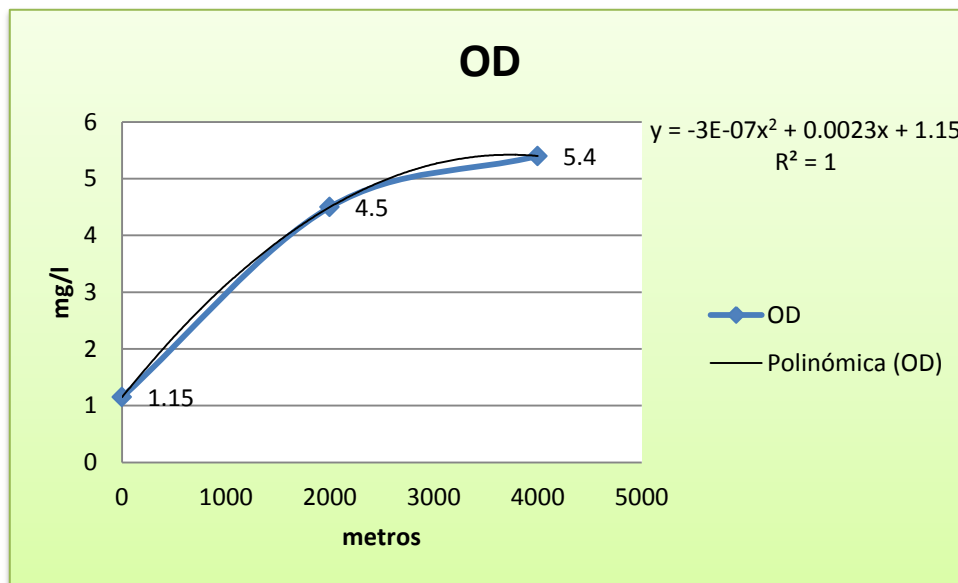
Elaboración: propia

El DBO₅ en el muestreo B efectuado los 4 puntos se las clasifica en:

- Punto 1: clase D
- Punto 2: no cumple
- Punto 3: clase C
- Punto 4: clase C

Podemos apreciar el punto 2 un aumento excesivo elevándose muy por encima de los límites el cual va descendiendo aguas abajo en el punto 3 llegándose a estabilizar en el punto 4 disminuyendo la demanda de oxígeno para degradar la materia orgánica.

Grafica 12
Oxigeno disuelto



Fuente: CEANID

Elaboración: propia

$$\text{CLASE A} = 8.84 * 0.8 = 7.07$$

$$\text{CLASE B} = 8.84 * 0.7 = 6.18$$

$$\text{CLASE C} = 8.84 * 0.6 = 5.3$$

$$\text{CLASE D} = 8.84 * 0.5 = 4.42$$

De acuerdo a los datos obtenidos clasificaremos al curso en:

Clase A: 6.19 a 7.07

Clase B: 5.4 a 6.18

Clase C: 4.43 a 5.3

Clase D: a 4.42

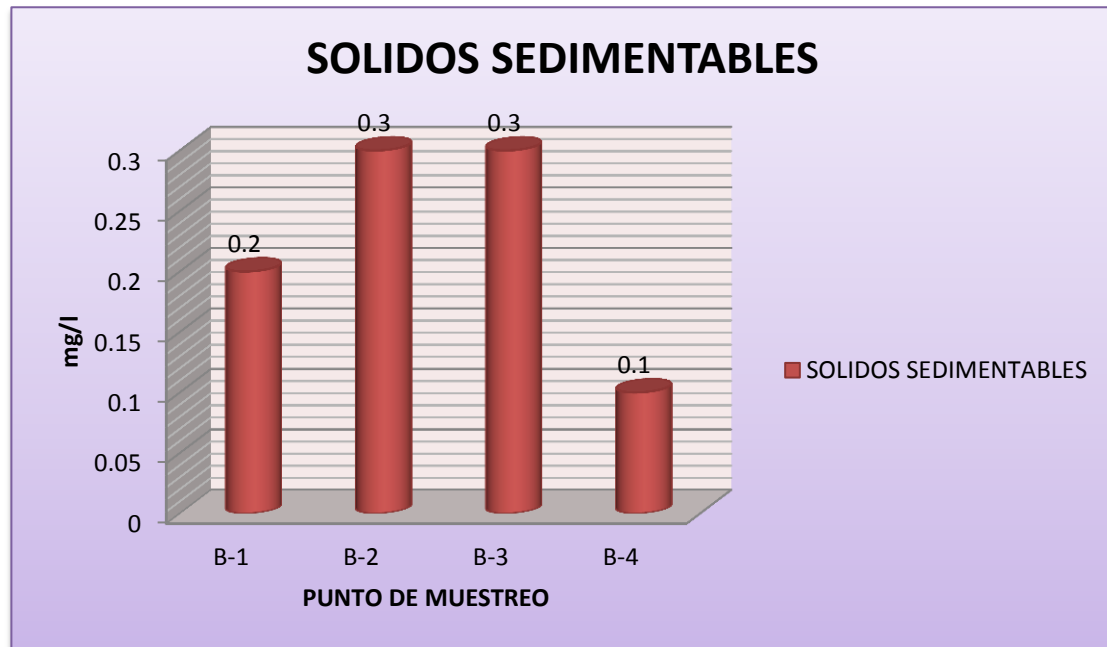
- Punto 1: clase A
- Punto 2: clase D
- Punto 3: clase C

- Punto 4: clase B

Podemos apreciar una auto depuración del río donde en el punto 2 el oxígeno desciende a niveles bajos el cual va aumentando conforme transcurre aguas abajo llegando a estabilizarse a partir del punto 4.

Grafica 13

Solidos sedimentables



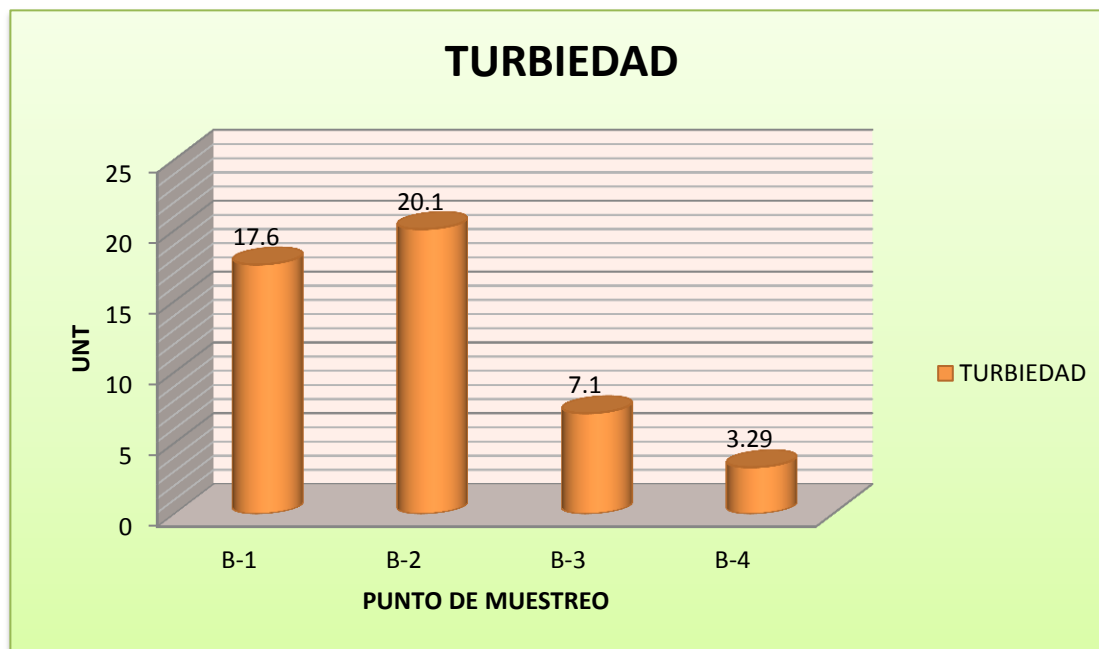
Fuente: CEANID

Elaboración: propia

De acuerdo a los límites permisibles de los cuerpos receptores establecidos por el RMCH los cuatro puntos por debajo de estos valores, por lo cual a estos puntos se los clasifica en la clase A.

Se tiene muy baja cantidad de sólidos sedimentables por lo cual es un indicativo de buena calidad de agua.

Grafica 14
Turbiedad



Fuente: CEANID

Elaboración: propia

La turbiedad en los cuatro puntos varía por lo cual se las clasifica en:

- Punto 1: clase B
- Punto 2: clase B
- Punto 3: clase A
- Punto 4: clase A

No se tiene gran variación con respecto al muestreo A por lo cual el río es capaz de auto depurarse sin necesidad de tratamientos.

Cuadro 13

MUESTRA C

Análisis físico-químicos

Parámetros	unidades	Resultados				Límites permisibles			
		C-1	C-2	C-3	C-4	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Color	UCV (Pt-	5	11	8	11	<10	<50	<100	<200

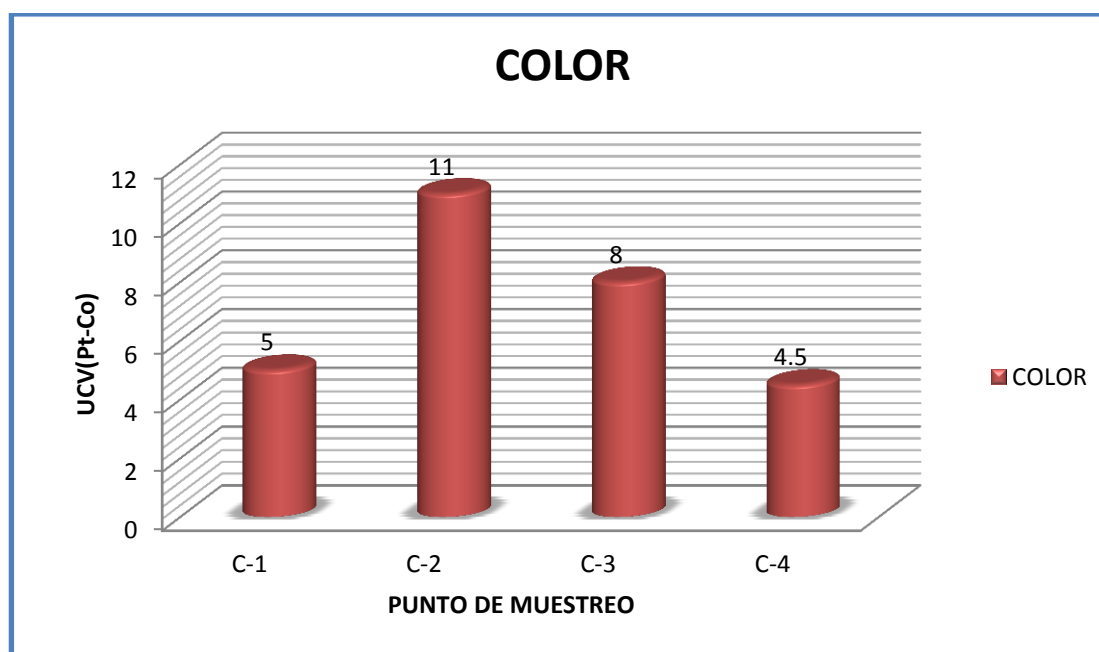
	Co)								
DBO ₅	mg/l	15,8	173	24,6	23,0	<2	<5	<20	<30
Oxígeno disuelto	mg/l	6,24	3,55	4,3	4,45	>80 % sat.	>70 % sat.	>60 % sat.	>50% sat.
Solidos sedimentables	mg/l	<0,1	0,1	0,2	0,3	<10	<30-0,1	<50-<1	100-<1
Turbiedad	UNT	9,06	23,4	6,27	7,29	<10	<50	<100<200	<200-10000

Fuente: RMCH.

Elaboración: propia

Grafica 15

Color



Fuente: CEANID

Elaboración: propia

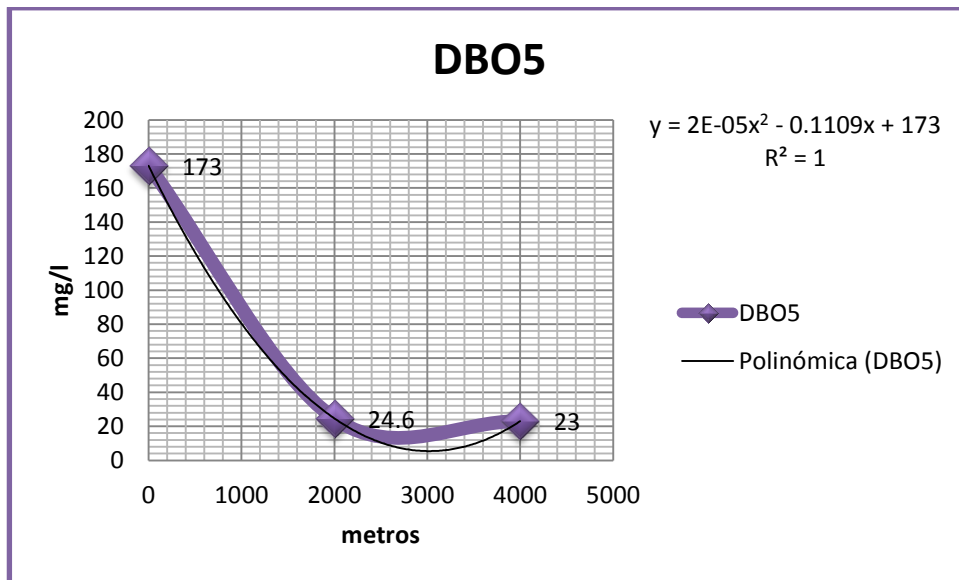
De acuerdo a los resultados obtenidos del muestreo C con variación de 5 días del anterior clasificaremos a los puntos en:

- Punto 1: en la clase A
- Punto 2: clase B
- Punto 3:clase A
- Punto 4: clase B

Con referencia a los muestreos A y B se tiene una ligera variación en los valores pero el agua con respecto a este parámetro clasificándose el área de estudio en la clase A y B que son aguas de buena calidad.

Grafica 16

DBO₅



Fuente: CEANID

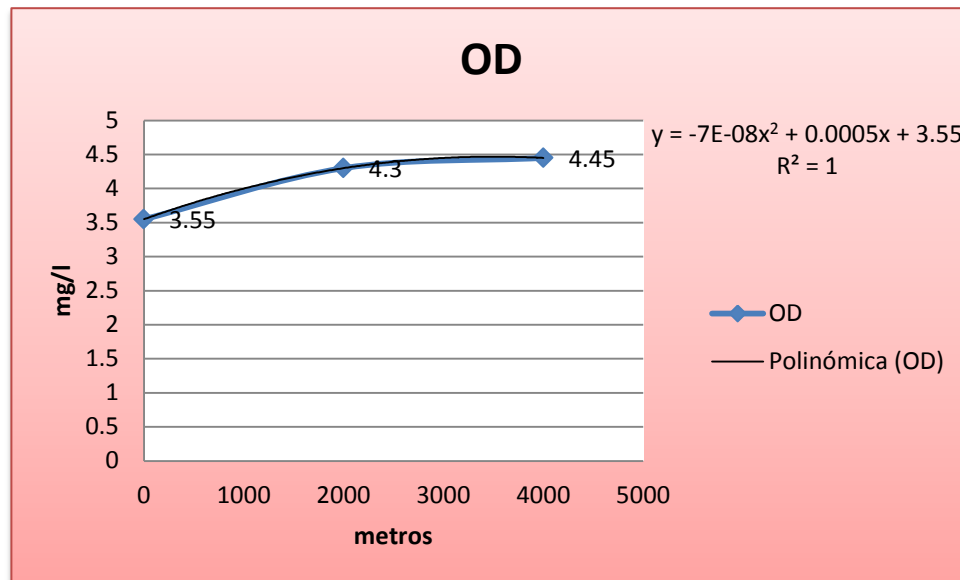
Elaboración: propia

Al igual que los anteriores muestreos clasificaremos a los puntos en :

- Punto 1: clase C
- Punto 2: ninguna
- Punto 3: clase D
- Punto 4: clase D

De acuerdo con los anteriores muestreos podemos apreciar la variación en la contaminación que se tiene el cual nos indica que conforme transcurre el tiempo tarda mas en degradarse debido al aumento y la acumulación de la contaminación por vertido de aguas residuales.

Grafica 17
Oxígeno disuelto



Fuente: CEANID

Elaboración: propia

$$\text{CLASE A} = 8.84 \cdot 0.8 = 7.07$$

$$\text{CLASE B} = 8.84 \cdot 0.7 = 6.18$$

$$\text{CLASE C} = 8.84 \cdot 0.6 = 5.3$$

$$\text{CLASE D} = 8.84 \cdot 0.5 = 4.42$$

De acuerdo a los datos obtenidos clasificaremos al curso en:

Clase A: 6.19 a 7.07

Clase B: 5.4 a 6.18

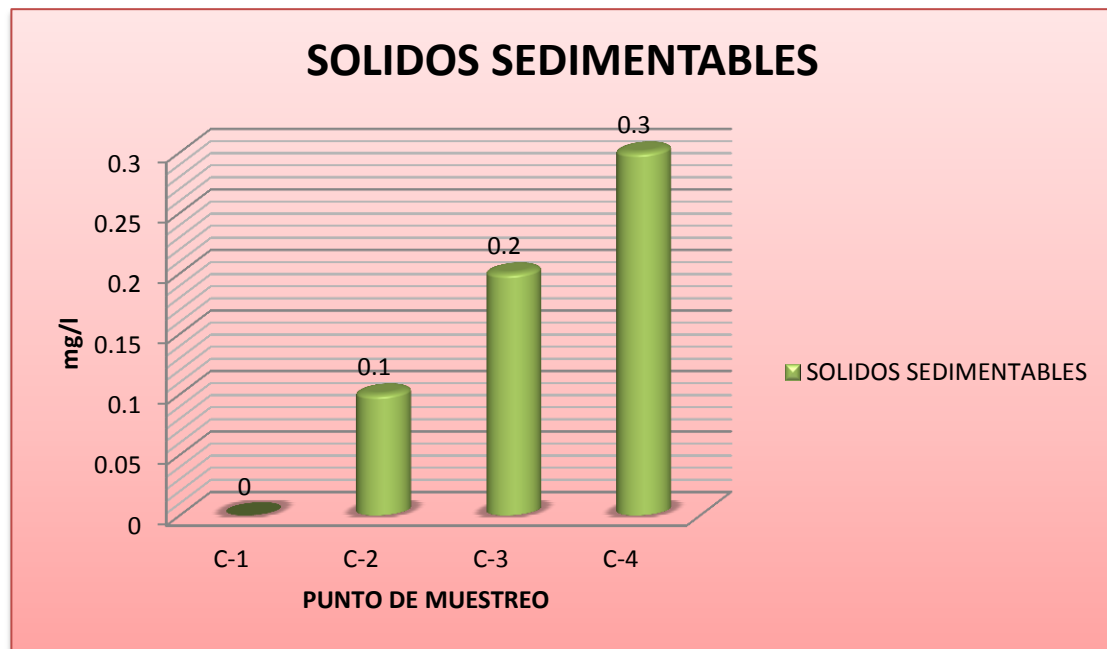
Clase C: 4.43 a 5.3

Clase D: a 4.42

- Punto 1: clase A
- Punto 2: clase D
- Punto 3: clase D
- Punto 4: clase C

De igual manera en este tercer muestreo efectuado apreciamos que se disminuye la concentración de oxígeno debido a la acumulación que se tiene de la materia orgánica a degradar por lo cual hay un mayor requerimiento de oxígeno y una disminución en la autodepuración.

Grafica 18
Solidos sedimentables



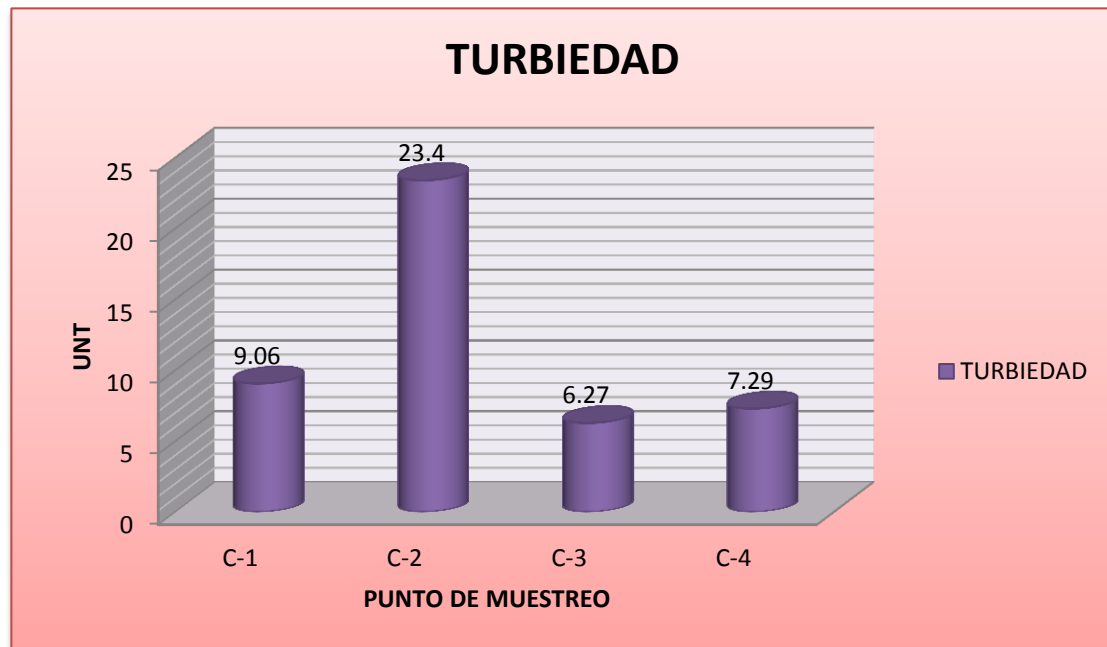
Fuente: CEANID

Elaboración: propia

De acuerdo a la clasificación de los cuerpos receptores del RMCH de la ley 1333 los cuatro puntos se encuentran clasificados en la clase A.

De acuerdo con el monitoreo en los tres muestreos efectuados no se tiene variaciones en los niveles de solidos sedimentables.

Grafica 19
Turbiedad



Fuente: CEANID

Elaboración: propia

De acuerdo con los valores obtenidos se los clasifico en :

- Punto 1: clase A
- Punto 2: clase B
- Punto 3: clase A
- Punto 4: clase A

ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE ACUERDO A LOS LIMITES PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS EN mg/l.

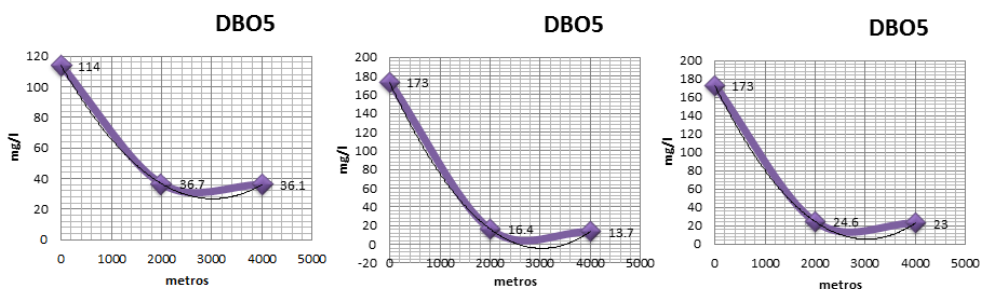
De acuerdo a los límites permisibles de descargas liquidas a un cuerpo receptor propuesta por la ley 1333 de medio ambiente y su respectiva RMCH se tiene un límite máximo de DBO_5 permisible de 80 mg/l y Coliformes fecales NMP/100ml de limite máximo 1000 NMP/100ml.

De acuerdo a los parámetros evaluados en la investigación realizaremos un análisis de la variación en los parámetros de DBO₅ y Coliformes Fecales.

- Análisis del DBO₅:

Grafica 20

Variación del DBO₅ en las 3 pruebas.



Fuente: CEANID

Elaboración: propia

De acuerdo a las tres pruebas efectuadas en los diferentes puntos del área de estudio se puede evidenciar una variación en los muestreos verificando que en el muestreo A se tiene 114 mg/l el cual sufre un aumento de 59 mg/l, cuando se realizó los muestreos B y C. Este aumento se debe a la acumulación que se tiene de la materia orgánica a lo largo del río conforme transcurre el tiempo el cual arrastrara su contaminación a una mayor distancia.

Este aumento en la descarga de DBO₅ se debe a que 20 metros del canal de descarga se tiene un aliviadero para desalojar el agua servida en exceso en tiempo de lluvia el cual antes de la realización del muestreo B comenzó a descargar agua residual sin tratar directamente al río, continuando esta descarga en el muestreo C.

No se tiene ningún control por parte de las comunidades afectadas ni de las autoridades por el cual la empresa encargada de estas lagunas esta incumpliendo las normas al descargar aguas servidas sin ningún tratamiento alguno.

De igual manera la descarga de agua residual tratada, efectuada al río Tupiza, por las lagunas de estabilización no cumple con los límites máximos permitidos por la ley. Sobrepasando en 34 mg/l de exceso con respecto al muestreo A y en 93 mg/l con respecto al muestreo B y C. donde la ley 1333 nos indica que el limite máximo de

descarga de DBO_5 es de 80 por lo cual se deberá tomar medidas inmediatas para mitigar esta contaminación al cauce del río Tupiza.

ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO APLICANDO LA PRUEVA T DE STUDENT.

Análisis estadístico “t de student” para el DBO_5

Cuadro 14

Resultados de los análisis en laboratorio

t de student para el DBO_5			
	muestreo A	muestreo B	muestreo C
P1	35.6	20.4	15.8
P2	114	173	173
P3	36.7	16.4	16.4
P4	36.1	13.7	13.7

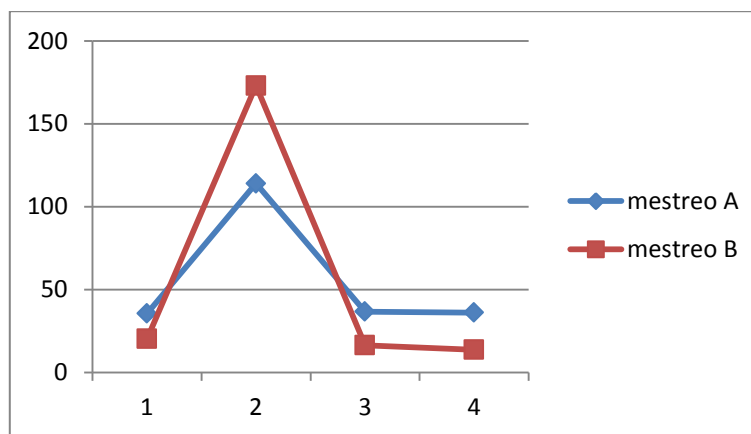
Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboración: propia.

A continuación se realizará el análisis de la variación entre la muestra A con la muestra B.

Grafica 21

Variación entre el muestreo A y B



Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboración: propia.

Cuadro 15

Prueba t para medias del muestreo A y B.

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	55.6000	55.875
Varianza	1516.0067	6104.5825
Observaciones	4.0000	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.9991	
Diferencia hipotética de las medias	0.0000	
Grados de libertad	3.0000	
Estadístico t	-0.0140	
P(T<=t) una cola	0.4949	
Valor crítico de t (una cola)	2.3534	
P(T<=t) dos colas	0.9897	
Valor crítico de t (dos colas)	3.1824	

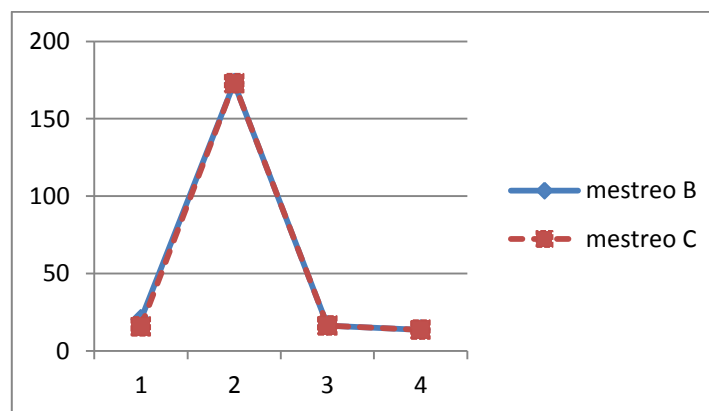
Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboración: propia.

Según la grafica 21 y 17 se puede evidenciar según los datos de analisis realizados en del T de student en microsoft exel 2010 como tambien de manera manual verificar en el anexo H, de los muestreos A y B donde se evidencia que la diferencia hipotetica entre medias es 0 por lo que no se evidencia una variacion significativa.

Grafica 22

Variación entre la prueba B y C.



Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboracion: propia.

Cuadro 16
Prueba t para medias del muestreo B y C.

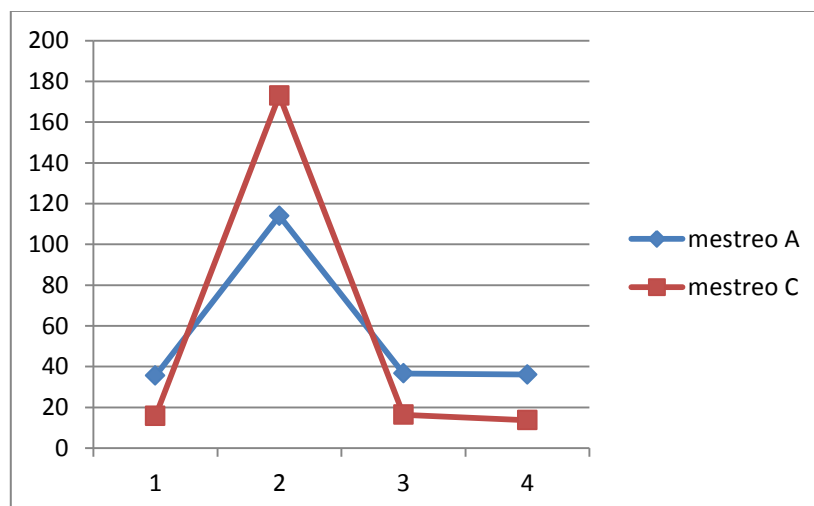
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	55.875	54.725
Varianza	6104.5825	6218.6625
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.999613563	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	1	
P(T<=t) una cola	0.195501109	
Valor crítico de t (una cola)	2.353363435	
P(T<=t) dos colas	0.391002219	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182446305	

Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboracion: propia.

Según la grafica 22 y el cuadro18 la del analisis realizado de T entre el muestreo B y C los resultados nos brindan una diferencia hipotetica 0 donde de igual manera que que el anterior analisis no existe diferencia.

Grafica 23
Variacion entre la prueba A y C.



Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboración: propia.

Cuadro 17

Prueba t para medias del muestreo A y C.

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	55.6	54.725
Varianza	1516.006667	6218.6625
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.999870074	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	0.04382389	
P(T<=t) una cola	0.483899286	
Valor crítico de t (una cola)	2.353363435	
P(T<=t) dos colas	0.967798572	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182446305	

Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboración: propia.

Entre los muestreos A y C realizados el análisis T no se tiene una diferencia hipotética entre medias del muestreo A y C donde la variación entre estos dos muestreos no existe diferencia.

- Análisis estadístico “t de student” para el OD

Cuadro 18

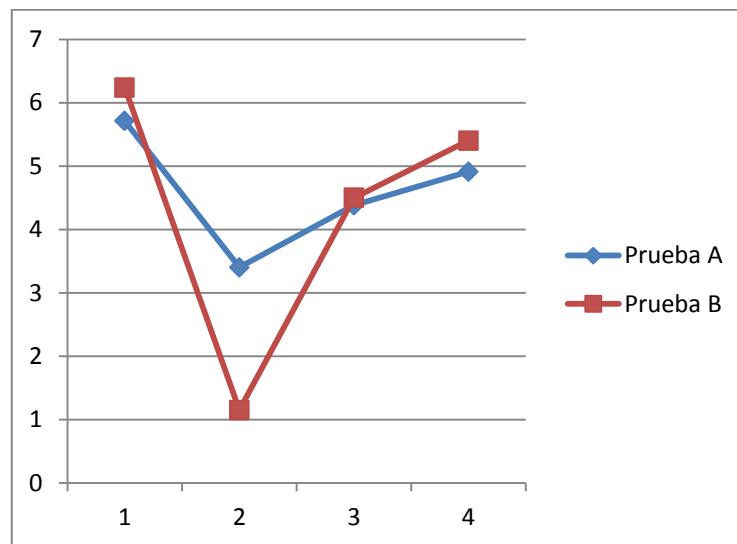
Resultados de los análisis en laboratorio

	Prueba A	Prueba B	Prueba C
P1	5.71	6.24	6.24
P2	3.4	1.15	3.55
P3	4.38	4.5	4.3
P4	4.91	5.4	4.45

Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboración: propia.

Grafica 24
variacion entre la muestra A con la muestra B.



Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboracion: propia.

Cuadro 19
Prueba t para medias del muestreo A y B.

	Variable 1	Variable 2
Media	4.6	4.3225
Varianza	0.93886667	4.978025
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0.96064777	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	0.41795633	
P(T<=t) una cola	0.35204642	
Valor crítico de t (una cola)	2.35336343	
P(T<=t) dos colas	0.70409285	
Valor crítico de t (dos colas)	3.18244631	

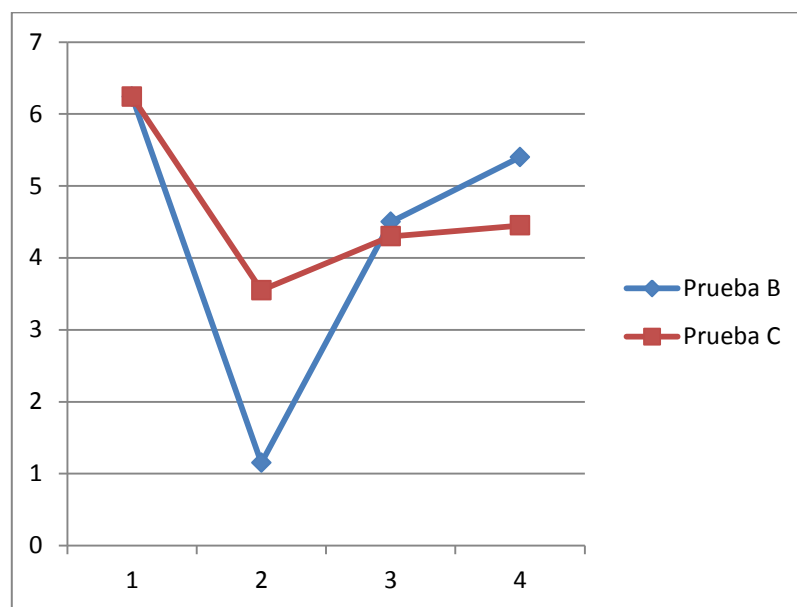
Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboracion: propia.

De acuerdo a la grafica 24 y al cuadro 21 se realizo el T de student en microsoft excel como tambien de manera manual verificar en el anexo H, de los muestreos A y B de los datos del OD donde los resultados nos arrojaron una valor de 0 en la diferencia hipotetica de las medias por lo que no hay diferencia.

Grafica 25

Variacion entre la prueba B y C



Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboracion: propia.

Cuadro 20

Prueba t para medias del muestreo B y C.

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	4.3225	4.635
Varianza	4.978025	1.2999
Observaciones	4	4
Coeficiente de correlación de Pearson	0.82041855	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	

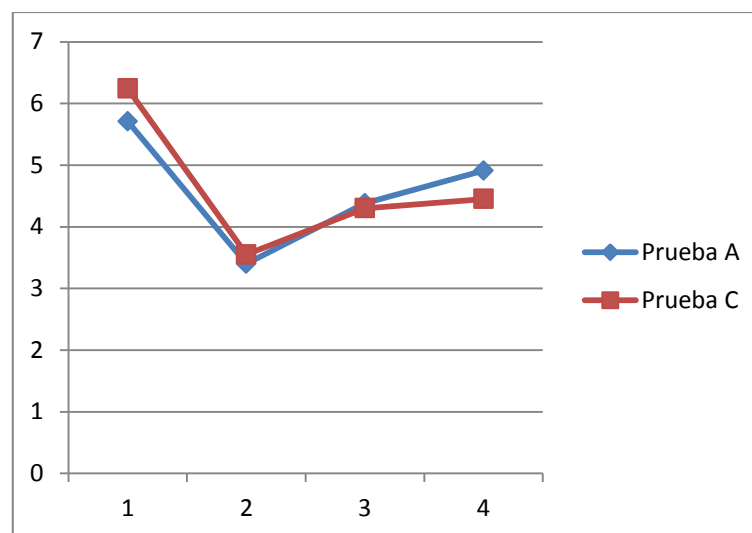
Estadístico t	0.43088507	-
P(T<=t) una cola	0.34781755	
Valor crítico de t (una cola)	2.35336343	
P(T<=t) dos colas	0.69563509	
Valor crítico de t (dos colas)	3.18244631	

Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboracion: propia.

De acuerdo a la grafica 25 y al cuadro 22 realizados el analisis de T a los muestreos B y C el cual nos dio como resultado una diferencia hipotetica de 0 indicandonos que no se tiene una diferencia entre las medias de estos muestreos.

Grafica 26
Variacion entre A y C.



Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboracion: propi

Cuadro 21
Prueba t para medias del muestreo A y C.

	Variable 1	Variable 2
Media	4.6	4.635
Varianza	0.93886667	1.2999
Observaciones	4	4

Coefficiente de correlación de Pearson	0.93533998	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	0.16870327	
P(T<=t) una cola	0.43838153	
Valor crítico de t (una cola)	2.35336343	
P(T<=t) dos colas	0.87676306	
Valor crítico de t (dos colas)	3.18244631	

Fuente: datos obtenidos en laboratorio CEANID

Elaboracion: propia.

De acuerdo a la grafica 26 y al cuadro 23 realizados el analisis de T a los muestreos A y C donde de igual manera que las anterioresmuestras la diferencia hipotetica entre las medias de el muestreo A con respecto al muestreo C es 0 donde no se tiene una diferencia significativa entre estos dos muestreos.

3.2 DETERMINACION DEL GRADO DE CONTAMINACION DE ACUERDO A LA ECUACION DEL INDICE DE PRATI.

Se empleara la ecuacion N° 1 para calcular el grado de contaminacion, los valores que emplearemos son los recolectados durante el monitoreo al rio Tupiza y su posterior analisis en los laboratorios del CEANID. Los cuales se encuentran precentes en el anexo G.

$$PI = (1/n) * \sum (X1 + X2)$$

n = número de parámetros.

X = unidad de contaminación

En nuestro caso las unidades de contaminación que utilizaremos son el DBO₅ y el OD.

ECUACIONES PARA CALCULAR LAS UNIDADES DE CONTAMINACION.

Estas unidades de concentración en nuestro caso son los parámetros monitoreados en los diferentes puntos del área de estudio del rio Tupiza. Para el cálculo según el índice de Prati emplearemos el DBO₅ y OD analizados por CEANID mostrados en el anexo G.

$$DBO_5 = X = Y/1,5$$

$$OD = X = 0,08(100 - Y)$$

Y = concentraciones en la muestra.

X = unidad de concentración.

Las unidades del DBO₅ deben estar en mg/l para emplear la fórmula. De igual manera el oxígeno disuelto se debe encontrar en %.

- Cálculo para el DBO₅ para el punto 2 :

Muestreo A

$$X = 114 / 1,5$$

$$X = 76$$

Muestreo B

$$X = 173 / 1,5$$

$$X = 115,33$$

Muestreo C

$$X = 173 / 1,5$$

$$X = 115,33$$

De igual manera se debe calcular en los demás puntos como ser en el punto 3 y 4.

- Cálculo para el OD en el punto 2:

Muestreo A

$$X = 7,91$$

$$X = 0,08(100 - 3,4)$$

$$X = 7,72$$

Muestreo B

$$X = 0,08(100 - 1,15)$$

Muestreo C

$$X = 0,08(100 - 3,5)$$

$$X = 7,72$$

De igual manera se debe calcular el oxígeno disuelto para los puntos 3 y 4.

- Cálculo del índice de Prati para el punto 2:

Muestreo A

$$PI = 1/2 * \sum (115,33 + 7,91)$$

$$PI = 1/2 * \sum (76 + 7,72)$$

$$PI = 61,61$$

$$PI = 41,84$$

Muestreo C

Muestreo B

$$PI = 1/2 * \sum (115,33 + 7,72)$$

PI= 61,72

Una vez sacados los 3 resultados de los diferentes muestreos en el mismo punto se saca un promedio de los tres resultados, el cual debe ser comparado con el cuadro 17 para determinar el grado de contaminación del punto.

De igual manera se debe calcular el índice de PRATI para los restantes punto 3 y 4 para determinar su respectivo grado de contaminación.

Cuadro 22

Resultados del río Tupiza según el índice de Prati.

Punto de muestreo río Tupiza	Muestreo río Tupiza	Concentraciones		Unidad de contaminación		Índice prati. PI del río Tupiza.
		DBO ₅ Río Tupiza	OD río Tupiza	xDBO ₅	xOD	
Punto de muestreo 2	A	114	3.4	76	7.72	41.84
	B	173	1.15	115.33	7.91	61.61
	C	173	3.5	115.33	7.72	61.72
	Promedio					55.02
Punto de muestreo 3	A	36.7	4.38	24.46	7.64	16.05
	B	16.4	4.5	10.9	7.64	9.27
	C	24.6	4.3	16.4	7.65	12.02
	Promedio					12.44
Punto de muestreo 4	A	36.1	4.91	24.06	7.6	15.83
	B	13.7	5.4	9.13	7.56	8.34
	C	23.0	4.45	15.3	7.64	11.47
	promedio					11.88

Fuente: datos recolectados de los análisis realizados por CEANID

Elaboración: propia

Clasificación del grado de contaminación del agua de acuerdo al índice de Prati.

clase	PI	Grado de contaminación	color
1	0-1	No contaminada	Azul
2	1-2	Poco contaminada	Verde
3	2-4	Moderadamente contaminada	Amarillo
4	4-8	Contaminada	Anaranjado
5	8-16	Muy contaminada	Rojo
6	> 16	Altamente contaminada	Negro

Fuente: "Índice de PRATI"

Elaboración: propia

Cuadro 23
Comparación de los datos PI del río Tupiza con los datos PI de Prati.

PI del índice de Prati	Grado de contaminación	PI río Tupiza punto de muestreo 2	PI río Tupiza punto de muestreo 3	PI río Tupiza punto de muestreo 4
0-1	No contaminada	55.2	12.44	11.88
1-2	Poco contaminada			
2-4	Moderadamente contaminada			
4-8	Contaminada			
8-16	Muy contaminada			
>16	Altamente contaminada			

Elaboración: propia

De acuerdo a la clasificación de las agua con el índice PRATI. Dentro el área de estudio se encuentra el punto 2 con una calidad de agua altamente contaminada.

Lo cual no ay mucha diferencia con los puntos 3 y 4 que cuentan con una calidad de agua muy contaminada.

3.3 MEDIDAS DE MITIGACION DEL RIO

El río Tupiza constituye una fuente de recreación tanto para las personas de la ciudad como como el turismo extranjero ya que estos lugares cuentan con abundante fauna, flora y relieves únicos es necesario la implementación de medidas de mitigación para reducir la contaminación y poder clasificar todo el curso del área de estudio dentro la clase A. las siguientes medidas de mitigación se sugieren aplicar debido a su rápida construcción y que se adecua a las condiciones climáticas de la zona, también porque son tratamientos secundarios que se deben aplicar cuando se realiza un tratamiento de aguas servidas para reducir la contaminación del río.

Estas medidas de mitigación están orientadas par ser ejecutadas antes del ingreso del agua residual al río, estas medidas son tratamientos complementarios a los ya

existentes en las lagunas de estabilización. Porque si reducimos los niveles de contaminación en la descarga reduciremos la contaminación en el área de estudio.

3.3.1 **Humedales artificiales Construidos para el Tratamiento de Aguas residuales.**

Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos.

El carácter artificial de este tipo de humedales viene definido por: el confinamiento del humedal, el cuál se construye mecánicamente y se impermeabiliza para evitar pérdidas de agua al subsuelo, el empleo de sustratos diferentes del terreno original para el enraizamiento de las plantas y la selección de las plantas que van a colonizar el humedal.

La tecnología de humedales artificiales puede ser considerada como un ecosistema en el que los principales actores son:

- **El sustrato:** sirve de soporte a la vegetación, permitiendo la fijación de la población microbiana, que va a participar en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes.
- **La vegetación** (macrofitas): contribuye a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y sobre la que su parte subterránea también se desarrolla la comunidad microbiana.
- **El agua a tratar:** circula a través del sustrato y de la vegetación.

Esquema general del funcionamiento y elementos de un Humedal Artificial



Los mecanismos involucrados en la eliminación de los principales contaminantes presentes en las aguas residuales urbanas, mediante el empleo de humedales artificiales son:

- Eliminación de sólidos en suspensión mediante procesos de sedimentación, floculación y filtración.
- Eliminación de materia orgánica mediante los microorganismos presentes en el humedal, principalmente bacterias, que utilizan esta materia orgánica como sustrato. A lo largo del humedal existen zonas con presencia o ausencia de oxígeno molecular, por lo que la acción de las bacterias sobre la materia orgánica tiene lugar tanto a través de procesos biológicos aerobios como anaerobios.
- Eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, principalmente mediante mecanismos de nitrificación – desnitrificación y precipitación.
- Eliminación de patógenos mediante adsorción, filtración o depredación.
- Eliminación de metales pesados como cadmio, cinc, cobre, cromo, mercurio, selenio, plomo, etc.

El concepto del uso de los sistemas de Humedales Artificiales plantados con vegetación propia de los humedales naturales empezó hace más de 50 años con el

trabajo de la Doctora Seidel del Instituto Max-Planck en Alemania. Seidel observó que la aena común (*Schoenoplectus lacustris*) era capaz de reducir gran cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas existentes en aguas contaminadas. Por otro lado, observó que determinadas bacterias (Coliformes, *Salmonella* y *Enterococos*) desaparecían pasando a través de la plantación de aenas. Así mismo observaba una eliminación de metales pesados e hidrocarburos.

Sin embargo, se puede decir que fue el trabajo del Doctor Kickuth en las décadas de los 70 y los 80 el que realmente estimuló el interés en la tecnología de Humedales Artificiales en Europa. Estos estudios se basaban en los procesos de tratamiento del agua que ocurren en la zona de la raíz del carrizo común (*Phragmites australis*) y en el suelo en el que las plantas crecen.

Durante los años 70 y 80 la principal utilización de los humedales Artificiales fue como estaciones de depuración de aguas residuales urbanas. Pero es a partir de la década de los 90 cuando los Humedales Artificiales, además de los usos mencionados, se han utilizado con éxito en el tratamiento de distintas aguas residuales industriales.

En la actualidad, en muchos pueblos, las plantas de tratamiento ya no cumplen sus objetivos por obsolescencia y/o por mayor carga debido a la actividad industrial. El construir nuevas plantas de depuración o el conectarse plantas lejanas ya existentes implica un elevado coste, con lo que conectar las antiguas plantas con humedales artificiales puede ser una alternativa económica y ecológicamente aceptable, ya que este tipo de sistemas son de construcción fácil, bajo costo, mantenimiento reducido y con una depuración confiable, incluso cuando hay altas variaciones en el caudal.

FUNDAMENTOS

Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en los humedales naturales.

El carácter artificial de este tipo de humedales viene definido por las siguientes particularidades:

- El vaso del humedal se construye mecánicamente y se impermeabiliza para evitar

perdidas de agua al subsuelo.

- Se emplean sustratos para el enraizamiento de las plantas diferentes al terreno original.
- Se eligen las plantas que van a colonizar el humedal.

La depuración de las aguas residuales a tratar se consigue haciendo pasar a través de zonas húmedas artificiales, en las que tienen lugar procesos físicos, biológicos y químicos, que dan lugar a unos efluentes finales depurados.

La tecnología de humedales artificiales puede ser considerada como un complejo ecosistema, en el que los principales actores son:

- **El sustrato:** que sirve de soporte a la vegetación, y permite la fijación de la población microbiana (en forma de biopelícula) que va a participar en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes.
- **La vegetación (macrófitas):** que contribuye a la oxigenación del sustrato, a la eliminación de nutrientes y en la que también tiene lugar el desarrollo de la biopelícula.
- **El agua a tratar:** que circula a través del sustrato y de la vegetación.

La vegetación que se emplea en este tipo de humedales es la misma que coloniza los humedales naturales: plantas acuáticas emergentes (carrizos, juncos, aneas, etc.), plantas anfibias que se desarrollan en aguas poco profundas, arraigadas al subsuelo.

Presupuesto

Cuadro 24

En la Tabla se muestra el presupuesto para la construcción de humedales artificiales:

CONSTRUCCION				
Descripción	unidad	cantidad	precio	total
Limpieza y desbroce del terreno, con medios manuales y carga manual sobre camión o contenedor	m ²	100,00	3,26	326,00
Limpieza y desbroce del terreno, con medios mecánicos y carga mecánica sobre camión	m ²	1200,00	0,85	1020,00
Excavación de tierras en zanjas o pozos, de hasta 3 m de profundidad, en roca blanda, con retroexcavadora con martillo rompedor y carga mecánica sobre camión	m ³	880	10,47	9213,60
Transporte de residuos dentro de la obra, con camión de 12 t y tiempo de espera para la carga en la máquina	m ³	160,00	1,73	286,40
Carga con medios mecánicos y transporte de tierras para reutilizar en obra, con camión de 20 t, con un recorrido de más de 15 km y hasta 20 km.	m ³	200,00	5,73	1156,00

Hormigón para muros de contención de 3 m. de altura como máximo, HM-20/F/40/1 de consistencia fluida y tamaño máximo del granulado de 40 mm. Vertido con cubilote	m ³	11,80	87,92	1037,46
Losa de hormigón armado inclinada de 15 cm de grueso, con encofrado para revestir, con una cuantía de 1,4 m ² /m ² , hormigón HA-25/B/10/1, vertido con bomba, y armadura B500 S de acero en barras corrugadas con una cuantía de 15 kg/m ² .	m ²	400,00	80,23	32116,00
Impermeabilización de paramento vertical con mortero impermeabilizante de capa fina, por el método de membrana rígida, monocomponente de base de cemento	m ²	79,20	7,55	597,96
Impermeabilización de paramento horizontal con mortero impermeabilizante de capa fina, por el método de membrana rígida, monocomponente de base de cemento + resina con dotación de 4 kg/m ² aplicado en dos capas.	m ²	400,00	5,90	2360,00
Geotéxtil formado por fieltro de propileno no tejido ligado mecánicamente de 350 a 400 g/m ² , colocado sin adherir	m ²	1400,00	4,16	5824,00
Membrana de densidad superficial 1,8 kg/m ² y grueso 1 mm, de una lámina de EPDM, colocada no adherida	m ²	1050,0	9,02	9471,00
Tubo de fosa dúctil de 150 mm de diámetro nominal interior, según la norma ISO 2531, unión de campana con anillo elastomérico de estanqueidad para agua, con grado de dificultad medio y colocado en el fondo de la zanja.	m	350,00	30,50	10675,00
Arqueta de distribución de hormigón prefabricado sin fondo, de 150x150 cm y 100 cm de profundidad para instalaciones de servicios, colocada sobre solera de hormigón HM-20/P/40/1 de 15 cm. De grueso y relleno lateral con tierras de propia excavación.	u	2,00	255,30	510,60
Arqueta de registro de hormigón prefabricada sin fondo, de 70x70 cm. De profundidad, para instalaciones de servicios, colocada sobre solera de hormigón HM-20 de 15 cm. De grosor y relleno lateral con tierras de propia excavación.	u	2,00	61,34	122,68
Suministro y plantación de macrófitas emergentes y macrófitas flotantes	m ²	1300,00	2,44	3172,00
Grava de granulometría 20/40 mm	t	204	1,96	399,84
Grava de granulometría 10/20, lavada.	t	306	2,28	697,68
Partida alzada a justificar para la seguridad y salud durante la ejecución de las obras	u	1,00	1000,00	1000,00
Partida alzada a justificar posibles imprevistos durante la ejecución de las obras	u	1,00	1000,00	1000,00
Total construcción	€			80986,22

Fuente: [Alejandro Reija Maqueda, IMDEA AGUA, 2011]

3.3.2 Filtros de turba

El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante la tecnología de filtro de turba se basa en la filtración de las aguas a través de lechos que emplean turba como material filtrante.

La turba es un tipo de humus que se forma en las condiciones anaerobias propias de los medios saturados con agua. Este sustrato presenta un conjunto de propiedades fisicoquímicas que le hacen especialmente apto para su aplicación en el campo de la depuración de los vertidos líquidos urbanos. Las aguas residuales a su paso por la capa de turba, experimentan una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, que dan como resultado unos efluentes depurados.

FUNDAMENTOS

La tecnología de filtro de turba se fundamenta en la filtración del agua residual a tratar a través de lechos que emplean turba como material filtrante, para aprovechar las propiedades absorbentes y complejas de este sustrato en relación con las materias coloidales y disueltas.

La turba es un tipo de humus que se forma en las condiciones anaerobias propias de los medios saturados con agua. Bajo estas condiciones la gama y actividad de los microorganismos se ven drásticamente reducidas, por lo que la descomposición y humificación de la materia orgánica se llevan a cabo con gran lentitud, alcanzándose notables acumulaciones de materia orgánica relativamente poco transformada. Esta escasa transformación se manifiesta, en muchos casos, por la presencia de fibras de celulosa-lignina en el material acumulado.

El tratamiento consiste, sencillamente, en ir haciendo pasar las aguas residuales a través de los lechos de turba. Las aguas van percolando por el material filtrante y los efluentes depurados se recogen por la parte inferior de los filtros. Tras un periodo de funcionamiento, la superficie de los filtros en operación se va colmatando, disminuyendo su capacidad de filtración, por lo que es necesario detener su funcionamiento y poner en operación otros filtros, que hasta el momento permanecían en reposo. En los filtros dejados fuera de servicio, tras un periodo de secado, se

procede a su regeneración mediante la eliminación por rastrillado de la costra formada en su superficie.



3.2.3 cortina de vegetación

Se trata de realizar una plantación con especies arbóreas del lugar en todo el perímetro de las lagunas de estabilización para disminuir los malos olores que se generan por la descomposición de materia orgánica.

Estas tres medidas serían las más adecuadas a emplear debido a que se tiene un área suficiente para su implementación y los costos de fabricación son económicos.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.

- La evaluación de las aguas del río Tupiza basada en parámetros físico-químicos, durante la época de estiaje permitió cuantificar su grado de contaminación por efecto de los efluentes provenientes de las lagunas de estabilización el cual nos indica que en muchos de los parámetros y en diferentes puntos no se está cumpliendo con nuestra normativa.
- De los resultados obtenidos en los análisis realizados en el laboratorio de COSAALT y CEANID de Tarija mostrados en el anexo G verificamos que sobrepasan los límites permisibles establecidos por el RMCH esto se puede evidenciar en los cuadros 10 al 19 del capítulo III el cual indica que los diferentes puntos se encuentran contaminados; también se determinó que los puntos ubicados antes y después de las lagunas de estabilización son puntos que presentan mayor grado de contaminación como ser el punto 3 con un valor PI de 12.44 y el punto 4 con un valor PI de 11.88, pero en mayor cantidad en el punto 2 con un valor de 55.02 ya que es el lugar de unión entre el efluente y el río.
- Estos valores numéricos PI del cuadro 16 fueron transformados en cualitativos, en el cuadro 17 para una mejor comprensión. Mediante el índice de Prati, podemos apreciar que el punto 2 se encuentra altamente contaminado, a diferencia del punto 3, 4 que se encuentran muy contaminado de acuerdo al cuadro 9.
- Los resultados obtenidos de esta investigación, muestran que el río Tupiza se halla contaminado de manera general en todo su curso, presentando solamente variaciones en su grado de contaminación desde una clasificación de muy contaminado hasta altamente contaminado, como también según el RMCH desde una clase D hasta una clase B. esta contaminación se debe más que todo

al efluente descargado de las lagunas de estabilización. Ya que el agua sobrepasa los límites de la RMCH.

- De acuerdo a los resultados obtenidos durante la investigación se propone como medidas de mitigación humedales artificiales y filtros de turba.
- Los humedales artificiales serán un complemento al tratamiento que se tiene en las lagunas de estabilización, con las cuales podremos disminuir los valores de los parámetros investigados y de esta manera disminuir la contaminación
- Durante el transcurso de la investigación y las visitas efectuadas a las lagunas de estabilización se pudo evidenciar que la propuesta de medidas el filtro de turba planteada en el presente trabajo se la está implementando para mejorar el tratamiento.

4.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Proteger el río Tupiza ya que es un cuerpo de agua con abundantes beneficios tanto para recreación, pesca e inclusive consumo por algunas comunidades.
- ❖ Para evitar la contaminación del canal de riego se recomienda realizar una manifestación escrita ante el representante legal de las lagunas de estabilización para que puedan subsanar esta ruptura de cañería como la contaminación efectuada al canal.
- ❖ Logra que lo más pronto posible se construya una nueva planta de tratamiento para eliminar la contaminación del río.
- ❖ Si no hay la posibilidad de una nueva planta se sugiere implementar las medidas ya antes propuestas para disminuir la contaminación.
- ❖ Las comunidades que se encuentran aguas abajo deberían hacer cumplir lo que dice el RMCH en el Capítulo III los incisos a, b, c y d.
- ❖ El inciso que se debería exigir que se aplique de manera inmediata es el d del RMCH lo que nos señala que el gobierno municipal debe controlar las descargas de aguas residuales crudas o tratadas a los cuerpos receptores.
- ❖ La aplicación de la ecuación no exige condiciones específicas solamente resultados fidedignos de laboratorio y su correspondiente aplicación.

