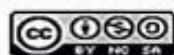




Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).
Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



Calidad del agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo, mediante uso de Modelación del Oxígeno Disuelto y DBO₅ en constantes cinéticas de autodepuración Moyobamba, 2019

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario

AUTOR:

Willy Torres Mori

ASESOR:

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza

Código N° 6050319

Moyobamba – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



Calidad del agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo, mediante uso de Modelación del Oxígeno Disuelto y DBO_5 en constantes cinéticas de autodepuración Moyobamba, 2019

AUTOR:

Willy Torres Mori

Sustentada y aprobada el 16 de setiembre del 2020, por los siguientes jurados:

.....
Lic. Dr. Fabián Centurión Tapia

Presidente

.....
Ing. M. Sc. Mirtha Felcita Valverde Vera

Secretaria

.....
Ing. M. Sc. Gerardo Cáceres Bardález

Miembro

.....
Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza

Asesor

Declaratoria de Autenticidad


Willy Torres Mori, con DNI N° 72353752, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Calidad del agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo, mediante uso de Modelación de Oxígeno Disuelto y DBO₅ en constantes cinéticas de autodepuración Moyobamba, 2019.**


Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 16 de setiembre del 2020.


.....
Bach. Willy Torres Mori
DNI N° 72353752



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	TORRES MORI WILLY		
Código de alumno :	72353752	Teléfono:	984925702
Correo electrónico :	witomi.wt@gmail.com	DNI:	72353752

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	ECOLOGIA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA SANITARIA

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	CALIDAD DE AGUA, EN LA PARTE MEDIA DE LA QUEBRADA MISQUIYAQUILLO, MEDIANTE EL USO DE MODELACIÓN DE OXIGENO DISUELTO Y OD_5 EN CONSTANTES CINÉTICAS DE AUTODEPURACIÓN MUYOBAMBA, 2020
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

26 02 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Para mamá y papá, por ser el pilar más importante y demostrarme siempre su cariño, a su manera, y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mis amigos y familia en general por su ayuda, paciencia y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Agradecimiento

Al trabajo y amigos, sin los cuales habría terminado este proyecto dos años antes.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto

Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
 Introducción.....	 1
 CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	 5
1.1. Antecedentes de la Investigación	5
1.2. Base Teórica	6
1.2.1. Contaminación de las aguas superficiales:	6
1.2.2. Procesos de autodepuración.....	8
1.2.3. Calidad de agua	11
1.3. Definición de términos básicos.....	13
 CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS.....	 14
2.1. Materiales	14
2.2. Métodos	15
 CAPÍTULO III: RESULTADOS	 23
3.1. Parámetros químicos (oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno) del agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo	23
3.2. Coeficientes cinéticos de autodepuración del agua en tres estaciones de monitoreo; establecidas en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo.....	32
3.3. Capacidad de autodepuración del tramo seleccionado y estimar la calidad del agua mediante el empleo de indicadores (coeficientes cinéticos de autodepuración del agua).	42
3.4. Discusión de resultados	44

CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	51
Anexo 01: Panel fotográfico.....	52

Índice de tablas

Tabla 1: Balance de masas	9
Tabla 2. Formato de resultados de los análisis de campo para calcular las constantes cinéticas de autodepuración.....	18
Tabla 3. Valores típicos de (k2) en cuerpos de agua	19
Tabla 4. Escala de clasificación de calidad del agua.	21
Tabla 5. Concentración de OD y consecuencias ecosistémicas frecuentes.	21
Tabla 6. Primer monitoreo en el primer día (8:00 am)	23
Tabla 7. Segundo monitoreo en el primer día (12:00 pm).....	24
Tabla 8. Tercer monitoreo en el primer día (6:00 pm).....	24
Tabla 9. Primer monitoreo en el segundo día (8:00 am).....	25
Tabla 10. Segundo monitoreo en el segundo día (12:00 pm)	25
Tabla 11. Tercer monitoreo en el segundo día (6:00 pm).....	26
Tabla 12. Primer monitoreo en el tercer día (8:00 pm).....	26
Tabla 13. Segundo monitoreo en el tercer día (12:00 pm).....	27
Tabla 14. Tercer monitoreo en el tercer día (6:00 pm)	27
Tabla 15. Primer monitoreo en el cuarto día (8:00 pm).....	28
Tabla 16. Segundo monitoreo en el cuarto día (12:00 pm).....	28
Tabla 17. Tercer monitoreo en el cuarto día (6:00 pm)	29
Tabla 18. Primer monitoreo en el quinto día (8:00 am).....	29
Tabla 19. Segundo monitoreo en el quinto día (12:00 pm)	30
Tabla 20. Tercer monitoreo en el quinto día (6:00 pm).....	30
Tabla 21. Resultados primer monitoreo en el sexto día (8:00 pm)	31
Tabla 22. Segundo monitoreo en el sexto día (12:00 pm)	31
Tabla 23. Tercer monitoreo en el sexto día (6:00 pm).....	32
Tabla 24. Resultados consolidado monitoreos realizados primer día de muestreos	33
Tabla 25. Coeficientes cinéticos del primer día de muestreos	33
Tabla 26. Resultados consolidado monitoreos realizados en segundo día de muestreos.....	34
Tabla 27. Coeficientes cinéticos del segundo día de muestreos	35
Tabla 28. Resultados consolidado monitoreos realizados en tercer día de muestreos	36
Tabla 29. Coeficientes cinéticos del tercer día de muestreos	36

Tabla 30. Resultados consolidado monitoreos realizados en cuarto día muestreos.....	37
Tabla 31. Coeficientes cinéticos del cuarto día de muestreos.....	38
Tabla 32. Resultados consolidado monitoreos realizados quinto día muestreos	39
Tabla 33. Coeficientes cinéticos del quinto día de muestreos	39
Tabla 34. Resultados consolidado monitoreos realizados en sexto días muestreos.....	40
Tabla 35. Coeficientes cinéticos del sexto día de muestreos	41
Tabla 36. Últimos datos de muestreo.....	42
Tabla 37.Capacidad de autodepuración	42

Resumen

En determinadas situaciones las aguas de las quebradas y vertientes disminuyen su efecto depurador, generando la eutrofización, siendo efecto directo de la ausencia de oxígeno. La investigación tiene como objetivo la determinación de la calidad del agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo, mediante el uso de Modelación del oxígeno disuelto y DBO_{5-20} , en constantes cinéticas de autodepuración; lo que implicó evaluar el impacto de las descargas del proceso de potabilización y la actividad antrópica en la calidad del agua; aplicando como metodología los principios de la ingeniería, en modelos matemáticos para calcular de forma cuantitativa la evolución del oxígeno disuelto y las sustancias demandantes de oxígeno en un río, aguas abajo de un punto de vertido. Se determinó los parámetros químicos de la quebrada, siendo en promedio 6 mg/L de oxígeno disuelto OD, 9 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno DBO_{5-20} , además de tener 21 °C de temperatura en la quebrada; por lo que se concluye que la calidad del agua según indicadores matemáticos es de hipoxia, indicando falta de oxígeno en épocas de estiaje en los dos tramos de la parte media de la quebrada, pero con condiciones oxigenadas en épocas de lluvia.

Palabras clave: Calidad, constante, potabilización, antrópica, vertidos.

Abstract

In certain situations, the water of the creeks and springs decreases its purifying effect, generating eutrophication, being a direct effect of the absence of oxygen. The research aims to determine the quality of water in the middle part of Misquiyaquillo Creek, through the use of Dissolved Oxygen Modeling and BOD₅₋₂₀, in constant self-purification kinetics; which implied evaluating the impact of discharges from the potabilization process and the anthropic activity on water quality. As a methodology, the principles of engineering were applied, in mathematical models to quantitatively calculate the evolution of dissolved oxygen and oxygen-demanding substances in a river, downstream of a discharge point. The chemical parameters of the stream were determined, being on average 6 mg/L of dissolved oxygen OD, 9 mg/L of biochemical oxygen demand BOD₅₋₂₀, besides having 21 °C of temperature in the creek; so it is concluded that the water quality according to mathematical indicators is hypoxic, indicating lack of oxygen in times of low water in the two sections of the middle part of the creek, but with oxygenated conditions during rainy seasons.

Keywords: Quality, constant, potabilization, anthropic, discharges.



Introducción

El ciclo integral del uso del agua, entendido en un sentido amplio, integra el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que experimenta el agua, desde que el curso de un río se interrumpe para embalsar el agua y garantizar de esta forma el consumo de agua de un núcleo urbano (captación), hasta que ésta es devuelta a un sistema natural y éste acomoda y se ajusta a la perturbación introducida por el vertido. (Rueda, 2006) La perturbación introducida por el vertido dependerá del grado de tratamiento dado al agua residual, pero también de la capacidad del sistema natural receptor para acomodar la carga contaminante.

El conjunto de características físicas químicas y biológicas de un determinado tipo de agua define su calidad. En los embalses, por ser sistemas abiertos, estos componentes no permanecen estáticos, sino que tienen una dinámica particular e interactúan de tal manera que favorecen el establecimiento de procesos físicos, químicos y biológicos que dan lugar a cambios en el comportamiento de esa calidad.

En este sentido, la capacidad de las corrientes de agua para recibir y oxidar la materia orgánica de las aguas residuales, depende de sus fuentes de oxígeno, las condiciones climáticas, el tipo de materia orgánica e inorgánica y del tipo y cantidad de microorganismos y de las condiciones hidrológicas. (Rivera, 2008).

El deterioro de la calidad del agua supone un grave problema ambiental, económico y social. Cada segundo, la industria, las ciudades, las zonas agrícolas, vierten toneladas de residuos a los ríos y a las costas. Cada litro de agua contaminada que se vierte significa la pérdida de cien litros de agua potable

La preocupación por los problemas de degradación ambiental, asociados al uso y manejo de los recursos naturales, no es nueva. Tampoco lo son los esfuerzos por controlar los impactos generados por ellos. No obstante, el control de estos problemas ha probado ser mucho más difícil de lo esperado. En ausencia de enfoques efectivos en esta materia, la gravedad de los efectos negativos de la intervención humana sobre los recursos naturales va en aumento (Basterrechea, 1996).

En el Perú se encuentra vigente; los Estándares de Calidad Ambiental, donde se establece límites mínimos y máximos permisibles en función al uso de los cuerpos de agua; la descarga

de las aguas residuales tratadas o no, provocan un impacto, algunos hasta sobrepasan los valores establecidos en el Reglamento de la Ley.

La microcuenca de la quebrada Misquiyaquillo, ubicada en las afueras de la ciudad de Moyobamba, es la zona en el que drenan el agua residual de la Empresa Prestadora de Servicios, la que ha pasado por los procesos y el restante que se deja correr sin tratamiento; es el área donde los usos del agua en la quebrada son para actividades productivas de población dispersa como: agrícolas, forestales y de paisaje; es también de conocimiento que se cuenta con información que sirve de base para la creación de posibles tecnologías para ir mejorando y seguir dando usos a estas aguas e inclusive para la creación de políticas, planes y programas de desarrollo social, económico y ambiental, para la conservación y sostenimiento de la cuenca.

En la presente investigación, se evaluó el impacto de las descargas del proceso de potabilización y de la actividad antrópica en la calidad del agua; aplicando los principios de la ingeniería, en modelos matemáticos que permitan calcular de forma cuantitativa la evolución del oxígeno disuelto y las sustancias demandantes de oxígeno en un río, aguas abajo de un punto de vertido. Estos modelos permiten, establecer relaciones matemáticas entre la acción contaminante (caracterizada por una carga o masa de contaminante vertido por unidad de tiempo) y la concentración, del contaminante a distintas distancias de la quebrada. El problema fundamental fue: ¿Cuál es la calidad del agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo, mediante el uso de Modelación del oxígeno disuelto y DBO_{5-20} en constantes cinéticas de autodepuración? Y cuyo objetivo general: Determinar la calidad del agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo, mediante el uso de Modelación del oxígeno disuelto y DBO_{5-20} en constantes cinéticas de autodepuración. Moyobamba, 2019. Y los objetivos específicos son:

Determinar de parámetros químicos (oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno) del agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo.

Determinar los coeficientes cinéticos de autodepuración del agua en tres estaciones de monitoreo; establecidas en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo.

Determinar la capacidad de autodepuración del tramo seleccionado y estimar la calidad del agua mediante el empleo de indicadores (coeficientes cinéticos de autodepuración del agua).

La quebrada Mishquiyaquillo, se encuentra ubicada en la margen derecha del río Mayo, jurisdicción del distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín. (EPS 2006). La micro cuenca pertenece a la cuenca del río Mayo margen derecha, que por sus características propias fueron zonas ricas en recursos naturales y que en la actualidad dichos recursos se ven escasos, debido al asentamiento de pobladores en las cabeceras de las fuentes de aguas, que tienden a talar los bosques para convertirlos principalmente en chacras con plantaciones de café y terrenos para pastos según su criterio empírico. Pero lo que se vislumbra de continuar este proceso, es la pérdida total de la biodiversidad biológica, erosión, desertificación, empobrecimiento de los suelos, disminución y contaminación del recurso hídrico y la degradación del medio ambiente en detrimento de la población (EPS Moyobamba, 2004).

La investigación se justifica porque la quebrada Mishquiyaquillo, es una microcuenca estratégica en el distrito de Moyobamba, que en la actualidad viene siendo utilizada para uso poblacional y otros, el agua que se sirve es un agua entubada.

Además, los usos del agua en la ribera del río son para actividades domésticas y productivas como: consumo humano, agrícolas, forestales.

La incompleta investigación en contaminación en nuestro país se debe posiblemente a que es reciente la preocupación sobre el ambiente, de allí que el gobierno peruano, el 7 de Setiembre de 1990 promulgó el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, mediante el Decreto Legislativo N° 613, en cuyo artículo N° 25, promueve que las investigaciones científicas se orienten en forma prioritaria a la realización y actualización de los inventarios de recursos naturales y a la identificación de indicadores de calidad ambiental, así como establecer criterios para el manejo eficiente de estos recursos (Sánchez, 1992).

Este estudio aporta la descripción de los parámetros químicos que permitirán explicar el comportamiento de la calidad del agua y se desarrollarán índices que permitan establecer una línea base y evaluar en el futuro la calidad del agua en los puntos de monitoreo. Actualmente, no se tienen estudios que muestren los niveles de contaminación de la quebrada y el comportamiento en su recorrido, que está cerca de la ciudad. Por esas razones, es necesario realizar estudios integrales que permitan conocer la realidad sobre la calidad del agua y su comportamiento en el ecosistema, a través de índices y coeficientes cinéticos de

auto depuración, con el fin de proponer y mejorar ciertas tecnologías aplicables a estas cuencas, teniendo como variables, independiente: Calidad de agua de la quebrada y dependiente, a la modelación de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅₋₂₀).

La presente investigación; es de tipo - nivel, básica -descriptiva, teniendo como variable la calidad del agua sujeto a los coeficientes cinéticos, se encuentra dentro del perfil académico y profesional de la ingeniería sanitaria; contribuyendo a la solución de problemas sociales y la presente investigación se dividió en los siguientes capítulos:

Capítulo I: en este capítulo se describe los antecedentes de la investigación relacionada a los modelamientos y coeficientes numéricos de algunos parámetros del agua en función a su calidad.

Capítulo II: se describen los materiales y los métodos utilizados en cada uno de los procedimientos a los cuales nos referimos para cumplir con los objetivos.

Capítulo III: se indican los resultados obtenidos experimentalmente y se discuten los hechos y conclusiones de investigaciones pasadas ya descritas. Se colocan las conclusiones y discusiones.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

Feria et.al (2017), en el artículo de investigación plantea un modelo explícito, observó que las estaciones cercanas a la presa y al complejo lagunar del Bajo Sinú presentaron valores mayores de k_d y menores de k_a , no obstante, admisibles para ríos poco contaminados. Los coeficientes variaron dependiendo del tramo, del caudal y de la temperatura a lo largo del año. Sin embargo, estos coeficientes indican que el río Sinú es una corriente con bajos niveles de contaminación y con un alto potencial de autopurificación.

Octave (2017), en la tesis de investigación respecto a la modelación numérica a largo plazo de la calidad del agua del embalse Rapel bajo diferentes condiciones de operación de la central hidroeléctrica; concluyó que la implementación de restricciones ambientales en el funcionamiento de la central hidroeléctrica del embalse Rapel, provoca efectos positivos en la calidad del agua del embalse, especialmente bajo condiciones hidrológicas normales : si el impacto de las restricciones ambientales en cuanto a la calidad del agua es despreciable a corto plazo, se observa un mejoramiento significativo de las variables hidrodinámicas, químicas y biológicas a largo plazo. Además, se vio la predominancia de las cianobacterias en las especies de fitoplancton en el embalse.

Aguirre et. al (2017), en la investigación Modelación de oxígeno disuelto y DBO_{5-20} con tasas cinéticas determinadas experimentalmente, evaluó la capacidad que posee este curso de agua de asimilar los efluentes descargados en él, a través de una modelación matemática utilizando constantes cinéticas determinadas experimentalmente en un tramo del arroyo. Las constantes determinadas experimentalmente permiten disminuir la incertidumbre generada al utilizar valores estimados o adoptar suposiciones que no se ajustan a la realidad. Los análisis de oxígeno disuelto (OD) y de demanda biológica de oxígeno (DBO) mostraron que el arroyo no logró autodepurarse luego de la descarga de la planta de tratamiento de efluentes, manteniendo una condición de hipoxia hasta su desembocadura en el río Anisacate, con la consiguiente afectación a la vida acuática.

Cortés (2016), en la tesis de investigación titulada: Aplicación de modelos matemáticos para evaluar el comportamiento del oxígeno disuelto en el río Cesar entre los vertimientos

de la paz y salguero y su relación con componentes microbiológicos e índice de calidad BMWP; Los resultados obtenidos en el diseño experimental se puede concluir que efectivamente la DBO es con 95% de probabilidad el factor que más influencia tiene sobre el proceso de desoxigenación, esto quiere decir que es esta la causa más determinante para que el río pierda el oxígeno disuelto que en condiciones normales tiene el cuerpo de agua receptor.

Amarillo (2017), realizó la investigación respecto a la Modelación matemática del contenido de oxígeno disuelto en el brazo Aña Cuá, aguas debajo de la represa de Yacyretá; los resultados de las simulaciones indican que el contenido de OD a lo largo del BAC (Brazo Aña Cuá) se ubicó en valores cercanos o superiores a la saturación y que el Caudal y el Coeficiente de Dispersión Longitudinal, DL no presentan una vinculación directa con el contenido de OD. Además, el contenido de OD se encuentra fuertemente vinculado al Coeficiente de Reaireación (K_2), y el Coeficiente de Desoxigenación (K_1), es muy buen descriptor del abatimiento de la DBO.

1.2. Base teórica

1.2.1. Contaminación de las aguas superficiales:

Eutrofización

La eutrofización es uno de los principales problemas de contaminación con los que vamos a encontrarnos en el futuro. Se produce en todo tipo de aguas, pero fundamentalmente en aquellas con poco movimiento. (Grisolía, 2014).

Los pasos que llevan a la eutrofización son los siguientes:

1. Exceso de nutrientes (principalmente fósforo que es el principal factor limitante), a través de vertidos urbanos, industriales, agrícolas, etc.
2. Proliferación de microorganismos (generalmente fitoplancton superficial), que crea una película superficial verdosa. El oxígeno va escapando a la atmósfera.
3. Enturbia lo que corta la luz en capas inferiores donde disminuye la fotosíntesis y acaba faltando oxígeno.
4. Los organismos muertos precipitan al fondo.

5. Lo cual genera más consumo de oxígeno por las bacterias y hongos de la putrefacción.
6. Anoxia, proliferación de anaerobios, que producen metano, NH_3 y H_2S responsables del mal olor y altamente tóxicos. Desaparición de fauna y flora quedando básicamente microorganismos.

Estas condiciones se mantienen mientras persista el aporte excesivo de nutrientes, de otro modo se entra en una fase de autodepuración.

La capacidad de autodepuración del agua depende de:

1. El medio que recibe el agua contaminada: somero, profundo, subterráneo.
2. Capacidad de dilución del receptor, es decir, del volumen relativo de agua limpia y contaminada. Cuanta contaminación se diluye en cuanta agua limpia.
3. Dinámica del receptor: velocidad y pendiente. Se ve favorecida por la agitación y mezcla, que produce aireación (cantidad de oxígeno disponible).
4. Presencia de microorganismos capaces de degradar. Las condiciones que genera la contaminación pueden acabar con las especies capaces de eliminar los contaminantes y pueden aparecer otros.

Medidas que permiten prevenir y/o evitar, o al menos, disminuir los efectos:

- Agitación de las aguas por medios mecánicos o creando saltos de agua, etc. para mejorar la oxigenación.
- Disminución del aporte de fosfatos, nitratos o sulfatos a las aguas. Las fuentes de contaminación son el uso de los abonos, pesticidas, y puntualmente los vertidos de industrias, explotaciones ganaderas, vertidos urbanos.
- Depuración de las aguas de los núcleos urbanos independientemente del tamaño de estos núcleos. Los municipios pequeños no suelen tener capacidad económica para depurar, pero muchos municipios pequeños pueden sumar una cantidad apreciable de contaminantes.

- Evitar la disminución del caudal de los cauces para permitir una mayor dilución, limitando la captación de aguas superficiales o pozos que bajen el nivel freático.

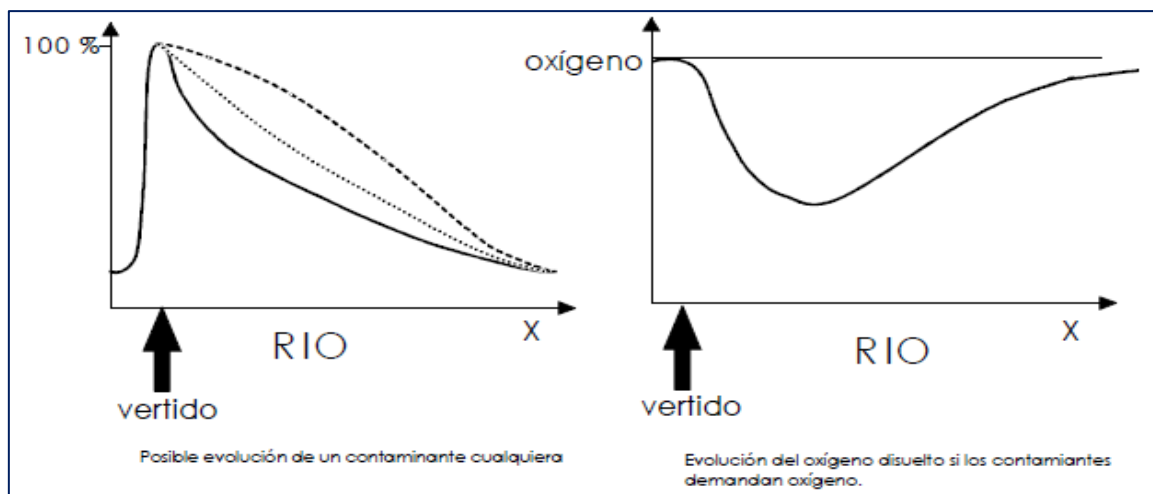


Figura 1: Cursos de evolución de distintos factores de contaminación

1.2.2. Procesos de autodepuración

Los ríos son las corrientes de agua continua que drena el agua superficial de una cuenca, subcuenca o micro cuenca, a través de los cauces formados naturalmente en la topografía del suelo, hacia otros cuerpos similares, lagos o bien océanos, denominados cuerpos receptores. (Rivera, 2008).

Existen varias teorías que explican los procesos de auto-purificación natural de las aguas en los ríos. Según Hernández (1998), el proceso de auto depuración en los ríos puede analizarse a través de la vida acuática, evaluando parámetros como el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno. Porque la diversidad de los seres que viven en el agua, consume el oxígeno disuelto en el agua para desarrollar sus procesos biológicos.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Es el parámetro que se maneja para tener una idea de la concentración en materia orgánica biodegradable presente en el agua. Se calcula generalmente midiendo el DBO₅ que es la disminución en la concentración de oxígeno disuelto en el agua después de incubar una muestra durante 5 días a 20°C. La reacción se lleva a cabo en la obscuridad, para evitar la producción de oxígeno por las algas, a la dilución adecuada y manteniendo el pH entre 7 y 7.5 (Medina et.al, 2007).

Demanda química de oxígeno (DQO).

Mide la cantidad de materia orgánica e inorgánica presente en el agua y que es susceptible de una oxidación química. Por este motivo debe ser siempre mayor que la concentración de DBO₅, ya que este solo expresa la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en el agua.

Para la medición de DQO se sustituyen los microorganismos oxidantes por un poderoso agente químico como el dicromato de potasio o el permanganato de potasio en medio ácido. Esta oxidación como ya se mencionó antes da una idea cuantitativa de la cantidad de sustancias susceptibles de oxidación que existen en el agua ya sean inorgánicas u orgánicas (Medina et. al, 2007).

Balance de oxígeno en corrientes hídricas.

El oxígeno disuelto (OD) en el agua, además de ser un elemento básico para la supervivencia de los organismos acuáticos, se constituye en un parámetro indicador del estado de la contaminación de una corriente. Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto están ligadas, por lo general, a la existencia de sustancias ajenas al ecosistema acuático, que en la mayoría de los casos resultan ser nocivas. Esta es quizás la razón por la cual el diagnóstico sobre el estado de contaminación de una corriente de agua empieza inevitablemente con un balance de oxígeno disuelto. Procesos como la oxigenación o reaeración, la fotosíntesis y la entrada de oxígeno disuelto desde los afluentes se constituyen en las principales fuentes de oxígeno en el agua. Por el contrario, el consumo o disminución del oxígeno en el agua está relacionado con otros procesos como la oxidación del material carbonáceo y nitrogenado (procedente de residuos y descargas realizadas), la demanda de oxígeno ejercida por los sedimentos y la respiración de la Modelación de Oxígeno Disuelto (Medina et. al, 2007).

Tabla 1

Balance de masas

	Aguas arriba del vertido	Vertido	Aguas abajo del vertido
Caudal	Q_x	Q_d	$Q = Q_x + Q_d$
DBO	DBO_x	DBO_d	$DBO_d = (Q_x DBO_x + Q_d DBO_d)/Q$
Déficit de OD	D_x	D_d	$D_o = (Q_x D_x + Q_d D_d)/Q$

Fuente: (Medina et.al, 2007).

Qx=	Caudal aguas arriba del vertimiento
QD=	Caudal de la descarga
DBO x=	Demanda biológica de Oxígeno aguas arriba del vertimiento
DBOD=	Demanda biológica de Oxígeno de la descarga
DX=	Déficit de oxígeno aguas arriba del vertimiento
DD=	déficit de oxígeno de la descarga
DBOo =	Demanda Biológica de oxígeno después de vertimiento.
Do =	Déficit de oxígeno después del vertimiento

Constantes cinéticas.

La estimación de la constante cinética de primer orden para la transferencia de oxígeno desde el aire k_a , se realiza a partir de varios modelos a 20°C:

$$k_a = 5,32 \frac{U^{0,67}}{H^{1,85}}$$

Ka= Constante de aireación

U= Velocidad del flujo

H= Profundidad

Constante de Desoxigenación Carbonácea - K1.

La constante cinética de desoxigenación carbonácea, K1, mide la tasa o velocidad de degradación de la materia orgánica carbonácea; K1 debe estimarse a partir de la cuantificación de la demanda bioquímica de oxígeno carbonácea (DBOC) obtenida en presencia de inhibidores de nitrificación. La constante de desoxigenación K1, es indispensable para conocer la manera como se utiliza el oxígeno en la oxidación de la materia orgánica, este valor es característico para cada tipo de desecho, siendo necesario determinarlo en cada caso específico. Una vez conocido el valor de K1 se puede estimar el valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno remanente en una corriente de agua, aguas abajo de una descarga (Cortes, 2017).

Constante cinética de reaireación, representada por un K2, es una reacción propia de la corriente y varía de tramo a tramo, depende de la velocidad del agua, la profundidad, el área de superficie expuesta a la atmósfera, y la cantidad de materia orgánica biodegradable en la

corriente, se representa mediante la siguiente ecuación: el coeficiente de reaeración, K_2 , compone el principal término de incorporación de OD al cuerpo de agua (Cortes, 2017).

$$K_2 = 0.69 \text{ día}^{-1}$$

Efecto de la Temperatura.

Mediante un balance de calor para la temperatura de mezcla, se obtiene la temperatura mezcla del río. Tanto la transferencia de oxígeno como la tasa de eliminación de la DBO, son influenciadas por la temperatura del medio. Esto se estudia con la relación de Van'tHoff-Arrhenius (Metcalf & Eddy, 1995).

$$K_a = K_{a,20^\circ\text{C}}\theta^{T-20}$$

$$K_d = K_{d,20^\circ\text{C}}\theta^{T-20}$$

K_a = Constante de aireación con corrección de temperatura.

$K_{a,20^\circ\text{C}}$ = Constante de aireación a 20°C

K_d =Constante de desoxigenación con corrección de temperatura.

$K_{d,20^\circ\text{C}}$ = Constante de desoxigenación a 20 °C

T = Temperatura del cuerpo de agua.

1.2.3. Calidad de agua

Los parámetros necesarios para considerar un agua de la calidad están en función del uso que se le vaya a dar. Las exigencias de calidad han ido evolucionando a lo largo del desarrollo. Los parámetros a considerar son: físicos, químicos y biológicos. (Grisolía, 2014).

Parámetros físicos.

Características organolépticas (olor, color y sabor): incolora, inodora e insípida. Todos tenemos experiencias de distintos sabores del agua de diferentes partes del país e incluso del de diferentes aguas minerales. Indica la presencia de materiales en suspensión, sustancias disueltas o microorganismos. (Grisolía, 2014).

Temperatura: a mayor temperatura mayor probabilidad de microorganismos, pero también menor cantidad de gases disueltos.

Turbidez: debido a partículas o microorganismos en suspensión. Impide el paso de la luz (se mide con el disco de Secchi). (Grisolía, 2014).

Conductividad: relacionado con la cantidad de iones en disolución. Con más de 0.2 g/L de carbonatos de calcio o magnesio llamamos a las aguas duras (producen poca espuma con el jabón, dificultan la cocción de los alimentos y atascan conducciones y calderas). (Grisolía, 2014).

Parámetros químicos:

DBO (Demanda Biológica de Oxígeno). Cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos para descomponer la materia orgánica (**DBO₅₋₂₀** se mide en ausencia de luz, a 20°C durante cinco días). Cuanto mayor sea la cantidad de materia orgánica presente mayor será el consumo de oxígeno. (no se utiliza en aguas limpias debido a las mínimas cantidades que se obtendrían). (Grisolía, 2014).

DQO (Demanda Química de Oxígeno). Cuantifica la materia oxidable. Es un método más rápido, pero menos fiable pues oxida, con un oxidante fuerte como el permanganato potásico, tanto la materia orgánica como la inorgánica (se utiliza para aguas más limpias). (Grisolía, 2014).

OD (Oxígeno en disolución). Los descomponedores consumen oxígeno por lo que su concentración nos informa de la actividad de los organismos descomponedores de materia orgánica. Por debajo de 4 mg/l se consideran aguas anóxicas. Se desarrollan entonces microorganismos anaerobios que generan residuos como metano o ácido sulfhídrico. (Grisolía, 2014).

Parámetros biológicos (o indicadores biológicos):

Cuantifican la cantidad y el tipo de microorganismos que habitan las aguas.

El agua potable no debería contener ningún microorganismo patógeno. *Escherichia coli* es una bacteria indicadora de la contaminación por aguas fecales. (Grisolía, 2014).

1.3 Definición de términos básicos

Aguas residuales urbanas (ARU): son aquellas aguas procedentes de actividades domésticas y comerciales.

Aguas residuales industriales (ARI): son aquellas aguas procedentes de actividades industriales.

Autodepuración: es un complejo fenómeno natural, que se da en los medios acuáticos, y atribuible fundamentalmente a un elevado número de microorganismos de distintas especies (tanto de origen animal como vegetal, que utilizan y mineralizan las sustancias orgánicas aportadas por los vertidos. (Molero et. al, 1990)

Biótico: Relativo a la vida y a los organismos. Los factores bióticos constituyen influencias del ambiente que emanan de las actividades de los seres. (Rivera, 2008).

Ciclo integral del uso del agua: entendido en un sentido amplio, integra el conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que experimenta el agua, desde que el curso de un río se interrumpe para embalsar el agua y garantizar de esta forma el consumo de agua de un núcleo urbano (captación), hasta que ésta es devuelta a un sistema natural y éste acomoda y se ajusta a la perturbación introducida por el vertido (Rueda, 2006).

Vertidos puntuales: aquellos focos que provienen de una fuente única identificable y localizable, por la gran entidad de la carga contaminante (Rueda, 2006).

Vertidos difusos: son focos múltiples que no tienen una fuente de vertido concreta, y alcanzan el cauce del río por escorrentía superficial o subterránea (Rueda, 2006).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

4 Vasos de precipitado

Un vaso de precipitado tiene forma cilíndrica y posee un fondo plano, con una pequeña boca en la parte de arriba para poder transferir el líquido que contiene con mayor facilidad. Pueden ser de vidrio pyrex, vidrio normal o de plástico. Poseen componentes de teflón y otros materiales resistentes a la corrosión.

Suelen estar graduados, de acuerdo al volumen que poseen: 10 mL, 25 mL, 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1 L, 2 L.

1 Papel toalla, insumo de limpieza, utilizado en el laboratorio para secar superficies de implementos y materiales de laboratorio.

4 Frascos de muestras WINKLER

Frascos Winkler y DBO son frascos calibrados de laboratorio. El frasco Winkler es para realizar valoraciones de la cantidad de oxígeno dentro de una disolución. El frasco D.B.O. es para la valoración de la demanda biológica de oxígeno.

1 Couler, recipiente hermético, para la preservación y traslado de muestras de agua hacia el laboratorio.

EPPs

1 Guardapolvo

1 Capota

1 Botas de jebe

Insumos:

1 L de agua destilada

Nutrientes Nutriquat

Equipos:

GPS Garmin

Sirvió de apoyo para la geolocalización, con su pantalla de 4" en diagonal de doble orientación, sistema operativo Android de Google Play, cámara de 8Mp con flash y video de alta definición, Radio FM, Sensores de Altura y presión y la importante capacidad de recepción de 24 satélites en GPS.

Medidor de oxígeno disuelto

El medidor de oxígeno disuelto PCE-PHD 1, es un aparato de múltiples capacidades para la inspección de la calidad del agua. El medidor de oxígeno disuelto portátil sirve para el control en el agua.

Equipo H1 98193

Es un equipo de apoyo en el laboratorio, que mide la demanda bioquímica de oxígeno. Es un medidor multiparamétrico portátil impermeable con registro que monitorea hasta 12 parámetros de calidad del agua los cuales son 6 medidos y 6 calculados.

Incubadora, de uso en el laboratorio, para conservar las muestras a 20 °C por cinco días.

2.2. Métodos**Técnica:**

Bitácora: uso de un cuaderno donde se realizaron apuntes y notas que se fueron escritos con una estructura cronológica y que se actualizaron regularmente.

Instrumentos:

1. Se realizó la georreferenciación de los puntos necesarios para la investigación, con la ayuda de un GPS (Ver anexo 01). Seguimiento de la ubicación y localización de la cuenca:

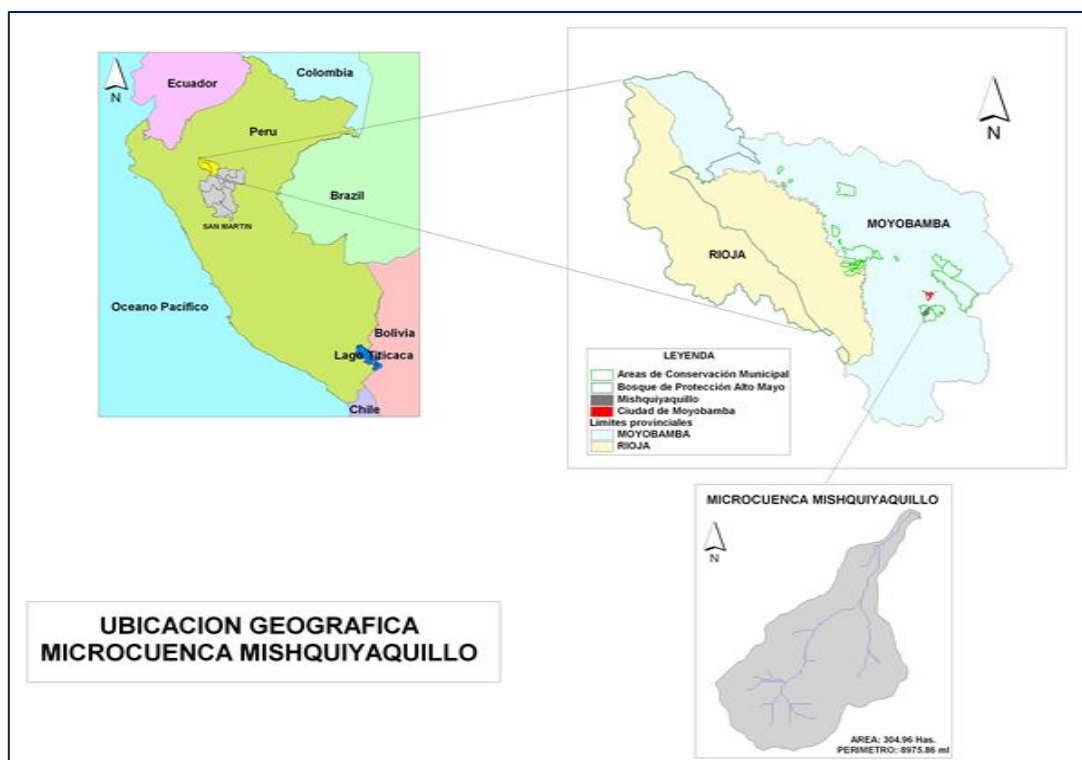


Figura 2. Ubicación geográfica de la cuenca.

2. Ubicación de los puntos de muestreo dentro de la quebrada, se realizó la georreferenciación detallada con el apoyo de un GPS de cada uno de los puntos de muestreos a estudiar:

Estación 01: aguas arriba del vertido

Estación 02: punto del vertido

Estación 03: aguas abajo

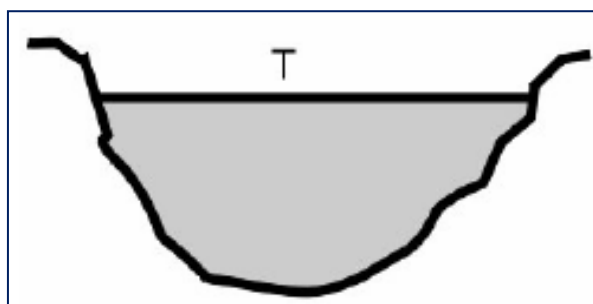
3. Se calculó del aforo:

Cálculo del área en una sección

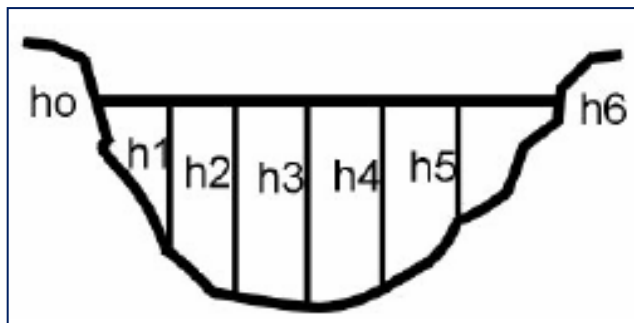
Para calcular el área en cualquiera de las secciones, se realizó de la siguiente manera:

Medición el espejo de agua (T).

División (T), en cinco o diez partes (midiendo cada 0.20, 0.30, 0.50, etc), y en cada extremo se midió su profundidad.



Luego con un material flotante se calculó el tiempo que demora en llegar de un punto a otro.



Determinación de los parámetros para el desarrollo del coeficiente cinético de autodepuración:

Análisis de OD oxígeno disuelto

El análisis del OD se realizó in situ por cada punto de monitoreo tratado, usando el equipo medidor de oxígeno disuelto.

Análisis de la temperatura

El análisis de la temperatura se realizó in situ por cada punto de monitoreo determinado y con el apoyo del medido de oxígeno disuelto que simultáneamente mide la temperatura.

Análisis de DBO demanda biológica de oxígeno

Se realizó el análisis de Oxígeno disuelto de manera in situ y DBO_{5-20} ; en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología, aplicando el uso del equipo HANNA HI 98193.

Resolución de las ecuaciones.

El cálculo de los coeficientes cinéticos se divide en dos partes; primero, la determinación del coeficiente cinético de descomposición bioquímica de materia orgánica K_1 , (desoxigenación). Segundo, la determinación del coeficiente cinético de reaireación K_2 .

Para la modelación de oxígeno disuelto y el DBO_{5-20} en constantes cinéticas se llevaron a cabo de la siguiente manera:

Formato de resultados

Se colocaron los resultados de los análisis de campo en la siguiente tabla:

Tabla 2

Formato de resultados de los análisis de campo para calcular las constantes cinéticas de autodepuración.

Fecha:		Parámetros analizados					
Estaciones de muestreo	Datos aforo de río			OD	DBO	temperatura del agua	Precipitación
	Caudal	Velocidad	Profundidad				
	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01							
Estación 02							
Estación 03							

Métodos analíticos-matemáticos

Se basaron en la utilización de las ecuaciones matemáticas y los análisis químicos.

Iniciando con el cálculo de los coeficientes cinéticos, donde se determinaron:

Constante cinética de desoxigenación representada por un K_1 , la constante de desoxigenación puede ser evaluada en función del caudal, según (Wright y Mcdonell, 1979) el valor de la constante para caudales entre 0,3 y 24 m³ es evaluada con la ecuación:

$$K_1 = 1.796 \times Q^{-0.49}$$

Q = caudal circulante por el río

Demanda Bioquímica de Oxígeno última representada por una L , se representa mediante la siguiente ecuación:

$$L = L_0 \times e^{-k_1 \times t}$$

Dónde: L y L_0 es la demanda bioquímica de la materia orgánica en el punto final e inicial respectivamente, t el tiempo transcurrido para que un elemento de flujo de agua llegue desde el punto inicial al punto final y k_1 es el coeficiente cinético de la velocidad de degradación de la materia orgánica. La constante k_1 depende del tipo de materia orgánica que se degrada, del tipo y cantidad de microorganismos presentes.

Constante cinética de reaireación, compone el principal término de incorporación de OD al cuerpo de agua, se representa mediante la siguiente ecuación:

$$K_2 = 0.69 \text{ día}^{-1}$$

Tabla 3

Valores típicos de (k2) en cuerpos de agua

Cuerpos de agua	Rangos de k ₂ a 20 °C
Aguas estancadas	0,10 – 0,23
Corrientes lentas	0,23 – 0,35
Corrientes grandes con baja velocidad	0,35 – 0,46
Corrientes grandes con velocidad normal	0,46 – 0,69
Corrientes rápidas	0,69 – 1,15
Cataratas y cascadas	>1,15

Fuente: (Suárez, 2008).

Oxígeno de saturación a 1atm de presión, se representa mediante la siguiente ecuación:

$$O_{\text{sat.}} = T_m - 0.41022(T_m) + 0.007991(T_m^2) - 0.000077774(T_m^3)$$

Donde:

T_m: Temperatura de mezcla.

O_{sat.}: Oxígeno de saturación a 1 atm.

Presión de trabajo, es decir la corrección del oxígeno de saturación a la de presión de trabajo, se representa mediante la siguiente ecuación:

$$P = 760 \times e^{\frac{-E}{8005}}$$

Donde:

P: Presión en mmHg.

E: Elevación en m.s.n.m.

El oxígeno disuelto de saturación corregido será:

$$OD_{\text{sc}} = O_{\text{sat}} \times \frac{P}{760}$$

Déficit inicial de oxígeno, se representa mediante la siguiente ecuación:

$$D = C_s - C_0$$

Dónde: D es el déficit de oxígeno, C_s es la concentración de saturación del oxígeno en el agua y C_0 la cantidad de oxígeno disuelto en el agua

El déficit neto de oxígeno, se representa mediante la siguiente ecuación:

$$D_n = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_2 t}$$

Dónde:

D_0 = oxígeno disuelto inicial de déficit de saturación del agua mg/L.

L_0 = inicial de demanda de oxígeno de la materia orgánica, en mg/L.

K_1 = coeficiente de definición de la tasa de desoxigenación.

K_2 = coeficiente de definición de la tasa de reaireación.

t = tiempo transcurrido, en días.

e = base de logaritmos naturales = 2,71828

El déficit crítico de oxígeno, se representa mediante la siguiente ecuación:

$$D_c = \frac{K_1}{K_2} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t}) + D_0 e^{-k_1 t}$$

D_0 = oxígeno disuelto inicial de déficit de saturación del agua mg/L.

L_0 = inicial de demanda de oxígeno de la materia orgánica, en mg/L.

K_1 = coeficiente de definición de la tasa de desoxigenación.

K_2 = coeficiente de definición de la tasa de reaireación.

t = tiempo transcurrido, en días.

e = base de logaritmos naturales = 2,71828

Distancia crítica X_c y el tiempo crítico T_c , se representa mediante la siguiente ecuación:

$$X_c = [v / (K_1 - K_2)] \ln \left(\frac{K_1}{K_2} \right) \left[1 - D_0 \frac{(K_1 - K_2)}{K_1 L} \right]$$

$$T_c = \frac{X_c}{v}$$

Dónde:

T_c es igual al tiempo requerido para alcanzar el punto crítico, X_c es la distancia y v velocidad media del agua en el río.

Análisis mediante procesadores informáticos

Se utilizó la estadística descriptiva; donde los resultados obtenidos se representaron por gráficos, polígonos; para su respectiva interpretación, mediante el procesador informático Excel, de esta manera se pudo demostrar las tendencias y relaciones.

Además de utilizar los siguientes indicadores:

Tabla 4

Escala de clasificación de calidad del agua.

Criterio	Clasificación
DBO₅ < 3.0	Excelente No contaminada
3.0 < DBO₅ < 6.0	Buena Calidad Aguas superficiales con bajos contenidos de materia orgánica biodegradable
6.0 < DBO₅ < 30.0	Aceptable Con indicio de contaminación, con capacidad de dilución o con descargas biotratadas
30 < DBO₅ < 120	Contaminada Aguas superficiales con descargas de aguas contaminadas no tratadas
DBO₅ > 120	Fuertemente contaminada Aguas superficiales con fuertes descargas de aguas contaminadas municipales y no municipales

Fuente: (Conagua, 2006).

Tabla 5

Concentración de OD y consecuencias ecosistémicas frecuentes.

OD mg/L	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
05-08	Aceptable	OD adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
08-12	Buena	
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

Fuente: (RED MAPSA, 2007).

Propuesta de planes de recuperación de la calidad del agua

A raíz de la investigación, se verificó que las actividades antropogénicas afectan el recurso hídrico de la quebrada Misquiyaquillo, por lo tanto, se insta a proponer medidas para recuperar la calidad de las aguas del río ya mencionado para recuperar su estado ecológico.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Parámetros químicos (oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno) del agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo

En las siguientes tablas se muestran los datos recolectados en el primer, segundo y tercer horario, con fecha y hora, en donde se analizó el oxígeno disuelto, el DBO₅₋₂₀ y se tomó en cuenta la precipitación para esa fecha según el día:

Tabla 6

Primer monitoreo en el primer día (8:00 am)

Fecha:		23/08/2019			Parámetros Analizados			
Estaciones de Muestreo		Datos aforo de río			OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación
	Caudal	Velocidad	Profundidad					
	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm	
Estación 01	0,65	0,43	0,8	7	6	22,2	0	
Estación 02	0,5	0,33	0,9	6,3	13	22,1	0	
Estación 03	0,75	0,5	0,7	8	9	22,1	0	

De acuerdo a los análisis realizados, las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de muestreo, se registró que las concentraciones de oxígeno disuelto son superiores a 5 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la última estación con 8 mg/L y la cantidad mayor de DBO₅₋₂₀ que se ha determinado fue de 13 mg/L, los datos de precipitación responden a los resultados de oxígeno disuelto en cantidades normales.

Tabla 7*Segundo monitoreo en el primer día (12:00 pm)*

Fecha:		23/08/2019					
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			Parámetros analizados			
	Caudal	Velocidad	Profundidad	OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación
	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01	0,65	0,43	0,8	7,6	9	22,5	0
Estación 02	0,5	0,33	0,9	7,1	15	22,6	0
Estación 03	0,75	0,5	0,7	7,3	9	22,3	0

Se registró concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 5 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la primera estación con 7,6 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha registrado en mayor cantidad es de 15 mg/L. en la segunda estación.

Tabla 8*Tercer monitoreo en el primer día (6:00 pm)*

Fecha:		23/08/2019					
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			Parámetros analizados			
	Caudal	Velocidad	Profundidad	OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación
	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01	0,68	0,45	0,8	7,9	9	21,9	0
Estación 02	0,6	0,4	0,9	7,5	15	21,7	0
Estación 03	0,75	0,5	0,7	7,8	9	21,6	0

El mismo día se muestreó, en el horario de la tarde y se ha determinado las características físico químicas de la quebrada, la misma que demostró concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 7 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la primera estación con 7,9 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha registrado en mayor cantidad fue de 15 mg/L en la segunda estación y la temperatura que se registra en el agua fue 3 °C menor que la del ambiente.

Tabla 9*Primer monitoreo en el segundo día (8:00 am)*

Fecha:		24/08/2019			Parámetros Analizados			
Estaciones		Datos aforo de río						
de	Caudal	Velocidad	Profundidad	OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación	
Muestreo	m ³ /S	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm	
Estación 01	0,5	0,33	0,8	6	6	21,4	0	
Estación 02	0,65	0,43	0,9	8,1	23	23,4	0	
Estación 03	0,52	0,34	0,7	6,6	13	22,1	0	

Se ha determinado las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de muestreo, la misma que registró concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 6 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la segunda estación con 8,1 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha analizado en mayor cantidad fue de 23 mg/L. También en la segunda estación, se registró que las temperaturas en las tres estaciones han sido de 21,4 23,4 y 22,1 °C, este día de muestreo tampoco se registró lluvia.

Tabla 10*Segundo monitoreo en el segundo día (12:00 pm)*

Fecha:		24/08/2019			Parámetros Analizados			
Estaciones		Datos aforo de río						
de	Caudal	Velocidad	Profundidad	OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación	
Muestreo	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm	
Estación 01	0,5	0,33	0,8	7,6	13	21,7	0	
Estación 02	0,65	0,43	0,9	8,4	20	23,6	0	
Estación 03	0,52	0,34	0,7	6,7	23	22,5	0	

El mismo día se realizó muestreos, al medio día, de las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de monitoreo, la misma que registró concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 6,7 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la segunda estación con 8,4 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 23 mg/L en la última estación; no se presenció lluvia.

Tabla 11*Tercer monitoreo en el segundo día (6:00 pm)*

Fecha:	24/08/2019			Parámetros analizados			
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación
	Caudal	Velocidad	Profundidad				
	m ³ /S	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01	0,5	0,33	0,8	8	9	21,3	0,9
Estación 02	0,65	0,43	0,9	8,2	6	21,9	0,9
Estación 03	0,52	0,34	0,7	6,5	13	21,8	0,9

En el horario del atardecer se ha determinado las características físico químicas de las muestras tomadas en las tres estaciones de monitoreo, en donde se encontró concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 6,5 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la segunda estación con 8,2 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 13 mg/L. en la última estación, además se debe mencionar que el día de muestreo al atardecer hubo precipitaciones de 0,9 mm, y esto se ve reflejado en el aumento de oxígeno disuelto en el agua y esto se debe al incremento de velocidad y de caudal dentro de la quebrada.

Tabla 12*Primer monitoreo en el tercer día (8:00 pm)*

Fecha:	05/09/2019			Parámetros analizados			
Estaciones de muestreo	Datos aforo de río			OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación
	Caudal	Velocidad	Profundidad				
	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01	0,54	0,5	0,8	8,1	6	22,3	1
Estación 02	0,54	0,45	0,9	8,3	9	23,1	1
Estación 03	0,66	0,63	0,7	8,2	9	22,7	1

Durante el tercer día de muestreo, realizado en la mañana, se determinó las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de muestreo, la misma que demostró concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 8 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la segunda estación con 8,3 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha

encontrado en mayor cantidad es de 9 mg/L. en la segunda y última estación; además se debe mencionar que el día de muestreo hubo precipitaciones de 1 mm, y se ve el aumento de oxígeno disuelto en el agua y esto se debe al incremento de caudal dentro de la quebrada.

Tabla 13

Segundo monitoreo en el tercer día (12:00 pm)

Fecha:	05/09/2019			Parámetros Analizados			
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación
	Caudal	Velocidad	Profundidad				
	m ³ /S	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01	0,54	0,5	0,8	7,9	6	22,8	0
Estación 02	0,54	0,45	0,9	8,2	13	23	0
Estación 03	0,66	0,63	0,7	8	9	22,7	0

Al medio día se ha determinado las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de muestreo, la misma que demostró concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 7,2 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la segunda estación con 8,2 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 13 mg/L. en la segunda estación; además se debe mencionar que el día de muestreo que al medio día no hubo precipitación pero en la mañana si hubo precipitaciones de 0,9 mm, y se ve el aumento de oxígeno disuelto en el agua y esto se debe al incremento de caudal dentro de la quebrada.

Tabla 14

Tercer monitoreo en el tercer día (6:00 pm)

Fecha:	05/09/2019			Parámetros Analizados			
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación
	Caudal	Velocidad	Profundidad				
	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01	0,54	0,5	0,8	7,7	6	21,7	0
Estación 02	0,54	0,45	0,9	7,3	13	22,9	0
Estación 03	0,66	0,63	0,7	7,6	16	22	0

Después del análisis, las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de monitoreo, indican concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 7,3 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la primera estación con 7,7 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 16 mg/L. en la última estación.

Tabla 15

Primer monitoreo en el cuarto día (8:00 pm)

Fecha:		10/09/2019					
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			Parámetros Analizados			
	Caudal	Velocidad	Profundidad	OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación
	m ³ /S	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01	0,71	0,59	0,8	7,3	9	21,1	0
Estación 02	0,9	0,67	0,9	7,4	9	21,7	0
Estación 03	0,8	0,77	0,7	7,5	13	22	0

En el cuarto día de muestreo los resultados indican concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 7,3 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la última estación con 7,5 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 13 mg/L. en la última estación; además se debe mencionar que no hubo precipitaciones.

Tabla 16

Segundo monitoreo en el cuarto día (12:00 pm)

Fecha:		10/09/2019					
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			Parámetros Analizados			
	Caudal	Velocidad	Profundidad	OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación
	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01	0,71	0,59	0,8	7,9	9	22	0
Estación 02	0,9	0,67	0,9	6,8	13	22,2	0
Estación 03	0,8	0,77	0,7	6,7	15	22,9	0

Al medio día, se determinó las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de muestreo, las cuales mostraron concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 6,7 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la primera estación con 7,9 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 15 mg/L. en la última estación, además se debe mencionar que ese día no hubo precipitaciones.

Tabla 17

Tercer monitoreo en el cuarto día (6:00 pm)

Fecha:		10/09/2019			Parámetros analizados			
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			OD	DBO	Temperatura del Agua	Precipitación	
	Caudal	Velocidad	Profundidad					
	m ³ /S	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm	
Estación 01	0,71	0,59	0,8	7	9	21,5	0	
Estación 02	0,9	0,67	0,9	7,6	9	22,9	0	
Estación 03	0,8	0,77	0,7	6,9	15	22,7	0	

En el horario final de análisis del cuarto día también realizado se muestran concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 6,9 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la segunda estación con 7,6 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 15 mg/L. en la última estación, además se debe mencionar que al atardecer del día de muestreo no hubo precipitaciones.

Tabla 18

Primer monitoreo en el quinto día (8:00 am)

Fecha:		01/10/2019			Parámetros Analizados			
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			OD	DBO	Temperatura del agua	Precipitación	
	Caudal	Velocidad	Profundidad					
	m ³ /S	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm	
Estación 01	0,67	0,56	0,8	6	6	21,2	0	
Estación 02	0,64	0,48	0,9	6,3	15	23,4	0	
Estación 03	0,53	0,5	0,7	7	9	23	0	

En el primero horario de muestreo, las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de monitoreo demostraron concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 6 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la última estación con 7 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 15 mg/L. en la última estación; además se debe mencionar que al atardecer del día de muestreo no hubo precipitaciones.

Tabla 19

Segundo monitoreo en el quinto día (12:00 pm)

Fecha:		01/10/2019					
Estaciones de muestreo	Datos aforo de río			Parámetros analizados			
	Caudal	Velocidad	Profundidad	OD	DBO	Temperatura del agua	Precipitación
	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01	0,67	0,56	0,8	6,2	9	21,7	0
Estación 02	0,64	0,48	0,9	6,7	21	22	0
Estación 03	0,53	0,5	0,7	6,9	18	22,4	0

Las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de muestreo, tomadas al medio día, se encontraron concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 6,2 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la última estación con 6,9 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 21 mg/L. en la segunda estación, además se debe mencionar que ese día no hubo precipitaciones.

Tabla 20

Tercer monitoreo en el quinto día (6:00 pm)

Fecha:		01/10/2019					
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			Parámetros analizados			
	Caudal	Velocidad	Profundidad	OD	DBO	Temperatura del agua	Precipitación
	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm
Estación 01	0,67	0,56	0,8	6,6	15	22	0
Estación 02	0,64	0,48	0,9	7,4	16	21,6	0
Estación 03	0,53	0,5	0,7	6,6	27	21,3	0

Se determino las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de muestreo, la misma que demostró concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 6,6 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la segunda estación con 7,4 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 27 mg/L. en la última estación; se encontró que las temperaturas en las tres estaciones han sido de 22 21,6 y 21,3 °C, además se debe mencionar que ese día no hubo precipitaciones

Tabla 21

Primer monitoreo en el sexto día (8:00 pm)

Fecha:	31/10/2019			Parámetros analizados			
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			OD	DBO	Temperatura del agua	Precipitación
	Caudal	Velocidad	Profundidad				
	m ³ /s	m/s	m				
Estación 01	0,63	0,53	0,8	7,4	9	21,9	0
Estación 02	0,9	0,67	0,9	7,9	23	23,4	0
Estación 03	0,66	0,63	0,7	7,4	13	22,9	0

El análisis realizado determinó las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de muestreo, la misma que demostró concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 7,4 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la segunda estación con 7,9 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 23 mg/L. en la segunda estación; además se debe mencionar que ese día no hubo precipitaciones.

Tabla 22

Segundo monitoreo en el sexto día (12:00 pm)

Fecha:	31/10/2019			Parámetros analizados			
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			OD	DBO	Temperatura del agua	Precipitación
	Caudal	Velocidad	Profundidad				
	m ³ /s	m/s	m				
Estación 01	0,63	0,53	0,8	8	13	23,4	0
Estación 02	0,9	0,67	0,9	7,4	15	24,1	0
Estación 03	0,66	0,63	0,7	7,3	11	24	0

Los resultados indican concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 7,3 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la primera estación con 8 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 15 mg/L. en la segunda estación.

Tabla 23

Tercer monitoreo en el sexto día (6:00 pm)

Fecha:		31/10/2019			Parámetros Analizados			
Estaciones de Muestreo	Datos aforo de río			OD	DBO	Temperatura del agua	Precipitación	
	Caudal	Velocidad	Profundidad					
	m ³ /s	m/s	m	mg/L	mg/L	°C	mm	
Estación 01	0,63	0,53	0,8	7,4	10	22,4	0	
Estación 02	0,9	0,67	0,9	7,3	18	23,5	0	
Estación 03	0,66	0,63	0,7	7,7	12	23,6	0	

Se ha determinado las características físico químicas de la quebrada en las tres estaciones de muestreo, la misma que demostró concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 5 mg/L y cuyo punto más oxigenado es la última estación con 7,7 mg/L y la cantidad de DBO₅₋₂₀ que se ha encontrado en mayor cantidad fue de 18 mg/L. en la segunda estación.

3.2. Coeficientes cinéticos de autodepuración del agua en tres estaciones de monitoreo; establecidas en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo.

A continuación, se presenta el cuadro de datos físicos y químicos encontrados como datos esenciales para determinar los coeficientes cinéticos en el primer día de muestreo:

Tabla 24*Resultados consolidado monitoreos realizados primer día de muestreos*

Datos	Tramo I	Tamo II	Und.
Tiempo	0,00238	0,00183	días
Distancia	20	20	metros
OD	7	6.3	mg/L
DBO ₅	6	13	mg/L
Caudal(Q)	0,65	0,5	m ³ /s
Velocidad	0,43	0,33	m/s
Altitud	945	944	m.s.n.m.
temperatura	22.2	22,1	°C

Tabla 25*Coefficientes cinéticos del primer dia de muestreos*

Característica	Valor		Und.
	Tramo I	Tramo II	
Constante cinética de desoxigenación	0,87	0,49	días ⁻¹
Demanda bioquímica de oxígeno- última	5,99	12,99	mg/L
Constante cinética de reaireación	0,60	0,34	días ⁻¹
Oxígeno de saturación a 1atm de presión	16,18	16,10	mg/L
Presión de trabajo	675,37	675,46	mmHg
El oxígeno disuelto de saturación corregido	14,38	14,31	mg/L
déficit inicial de oxígeno	7,38	8,01	mg/L
El déficit neto de oxígeno	6,96	6,27	mg/L
El déficit crítico de oxígeno	5,99	12,99	mg/L
Distancia crítica	0,38	0,69	km
Tiempo crítico	0,88	2,09	segundos

Mediante las fórmulas determinadas se calculó la constante cinética de desoxigenación, la cual es mayor para el primer tramo con 0,87 días⁻¹ y para el segundo tramo con 0,49 días⁻¹, a su vez la demanda bioquímica de oxígeno ultima es mayor en el

segundo tramo con 12,99 mg/L, lo que implica que aguas abajo el oxígeno disuelto disminuye, los indicadores del DBO₅₋₂₀ para los resultados dan como clasificación para el primer tramo como agua de buena calidad y para el segundo tramos como aceptable y según la cantidad de oxígeno disuelto critico se clasifica como bueno y en el segundo tramo como sobre saturado; lo que se manifiesta con la elevación de la constante cinética de re aireación en el primer tramo en comparación con el segundo, cabe mencionar que el déficit critico de oxígeno por cada veinte metros tenemos que para el segundo tramo es de 12,99 mg/L en un tiempo de 2,09 segundos.

A continuación, se presenta el cuadro de datos físicos y químicos encontrados como datos esenciales para determinar los coeficientes cinéticos en el segundo día de muestreo:

Tabla 26

Resultados consolidado monitoreos realizados en segundo día de muestreos

Datos	Tramo I	Tamo II	Und.
Tiempo	0,001833	0,0023889	días
Distancia	20	20	metros
OD	6	8,1	mg/L
DBO ₅	6	23	mg/L
Caudal(Q)	0,5	0,65	m ³ /s
Velocidad	0,33	0,43	m/s
Altitud	945	944	m.s.n.m.
temperatura	21,4	23,4	°C

Tabla 27*Coefficientes cinéticos del segundo día de muestreos*

Característica	Valor		Und.
	Tramo I	Tramo II	
Constante cinética de desoxigenación	2,52	2,22	días ⁻¹
Demanda bioquímica de oxígeno- última	5,97	22,88	mg/L
Constante cinética de reaireación	1,74	1,53	días ⁻¹
Oxígeno de saturación a 1atm de presión	15,52	145,63	mg/L
Presión de trabajo	335,31	335,60	mmHg
El oxígeno disuelto de saturación corregido	6,85	64,31	mg/L
déficit inicial de oxígeno	0,85	56,21	mg/L
El déficit neto de oxígeno	5,91	7,77	mg/L
El déficit crítico de oxígeno	5,97	22,88	mg/L
Distancia crítica	0,11	0,21	km
Tiempo crítico	0,33	0,48	segundos

Utilizando las fórmulas determinadas, se calculó la constante cinética de desoxigenación, la cual es mayor para el primer tramo con 2,52 días⁻¹ y para el segundo tramo con 2,22 días⁻¹, que indica una demora por lo menos de dos días para desoxigenarse en cada tramo; a su vez la demanda bioquímica de oxígeno última es mayor en el segundo tramo con 22,88 mg/L, lo que implica que aguas abajo el oxígeno disuelto disminuye, lo que se manifiesta con la elevación de la constante cinética de re aireación en el primer tramo en comparación con el segundo, cabe mencionar que el déficit crítico de oxígeno por cada veinte metros tenemos que para el segundo tramo es de 22,88 mg/L en un tiempo de 0,48 segundos. Según los indicadores del DBO₅₋₂₀ para los resultados dan como clasificación para el primer tramo como agua de buena calidad y para el segundo tramos como aceptable y según la cantidad de oxígeno disuelto critico se clasifica como aceptable y en el segundo tramo como sobre saturado. La cantidad de OD critico se clasifica como Aceptable y en el segundo tramo como sobre saturado; lo que se manifiesta con la elevación de K2 en el primer tramo en comparación con el segundo, cabe mencionar que el déficit critico de oxígeno el segundo tramo es de 12,99 mg/L por cada veinte metros en un tiempo de 2,09 segundos.

A continuación, se presenta el cuadro de datos físicos y químicos encontrados como datos esenciales para determinar los coeficientes cinéticos en el tercer día de muestreo:

Tabla 28

Resultados consolidado monitoreos realizados en tercer día de muestreos

Datos	Tramo I	Tamo II	Und.
Tiempo	0,0027778	0,0025	días
Distancia	20	20	Metros
OD	8,1	8,3	mg/L
DBO ₅	6	9	mg/L
Caudal(Q)	0,54	0,54	m ³ /s
Velocidad	0,5	0,45	m/s
Altitud	945	944	m.s.n.m.
temperatura	22,3	23,1	°C

Tabla 29

Coefficientes cinéticos del tercer dia de muestreos

Característica	Valor		Und.
	Tramo I	Tramo II	
Constante cinética de desoxigenación	2,43	2,43	días ⁻¹
Demanda bioquímica de oxígeno- última	5,96	8,95	mg/L
Constante cinética de reaireación	1,68	1,68	días ⁻¹
Oxígeno de saturación a 1atm de presión	16,26	143,50	mg/L
Presión de trabajo	335,31	335,60	mmHg
El oxígeno disuelto de saturación corregido	7,18	63,37	mg/L
déficit inicial de oxígeno	-0,92	55,07	mg/L
El déficit neto de oxígeno	7,96	8,13	mg/L
El déficit crítico de oxígeno	5,96	8,95	mg/L
Distancia crítica	0,14	0,16	km
Tiempo crítico	0,29	0,35	segundos

Se calculó la constante cinética de desoxigenación, la cual es igual en ambos tramos con $2,43 \text{ días}^{-1}$, estamos hablando de una demora por lo menos de dos días y medio para desoxigenarse en los dos tramos; a su vez la demanda bioquímica de oxígeno última es mayor en el segundo tramo con $8,95 \text{ mg/L}$, lo que implica que aguas abajo el oxígeno disuelto disminuye de manera poco abundante con respecto a los demás resultados, lo que se manifiesta con la igualdad de la constante cinética de re aireación en el primer y segundo tramo, cabe mencionar que el déficit crítico de oxígeno por cada veinte metros tenemos que para el segundo tramo es de $8,95 \text{ mg/L}$ en un tiempo de $0,35$ segundos. Los indicadores del DBO_{5-20} para los resultados dan como clasificación para el primer tramo como agua de buena calidad y para el segundo tramos como aceptable y según la cantidad de oxígeno disuelto crítico se clasifica como aceptable y en el segundo tramo como bueno.

A continuación, se presenta el cuadro de datos físicos y químicos encontrados como datos esenciales para determinar los coeficientes cinéticos en el cuarto día de muestreo:

Tabla 30

Resultados consolidado monitoreos realizados en cuarto día muestreos

Datos	Tramo I	Tamo II	Und.
Tiempo	0,0032778	0,0037222	días
Distancia	20	20	Metros
OD	7,3	7,4	mg/L
DBO_5	9	9	mg/L
Caudal(Q)	0,71	0,9	m^3/s
Velocidad	0,59	0,67	m/s
Altitud	945	944	m.s.n.m.
temperatura	21,1	21,7	°C

Tabla 31*Coefficientes cinéticos del cuarto día de muestreos*

Característica	Valor		Und.
	Tramo I	Tramo II	
Constante cinética de desoxigenación	2,12	1.89	días ⁻¹
Demanda bioquímica de oxígeno- última	8,94	8.94	mg/L
Constante cinética de reaireación	1,47	1.30	días ⁻¹
Oxígeno de saturación a 1atm de presión	15,27	133.21	mg/L
Presión de trabajo	335,31	335.60	mmHg
El oxígeno disuelto de saturación corregido	6,74	58,82	mg/L
déficit inicial de oxígeno	-0,56	51,42	mg/L
El déficit neto de oxígeno	7,11	7,21	mg/L
El déficit crítico de oxígeno	8,94	8,94	mg/L
Distancia crítica	0,25	0,32	km
Tiempo crítico	0,42	0,47	segundos

Utilizando las fórmulas, se calculó la constante cinética de desoxigenación, la cual es mayor para el primer tramo con 2,12 días⁻¹ y para el segundo tramo con 1,89 días⁻¹, que indica una demora por lo menos de un día y medio para desoxigenarse en cada tramo; a su vez la demanda bioquímica de oxígeno ultima resulta igual en los dos tramos con 8,94 mg/L, lo que implica que aguas abajo el oxígeno disuelto disminuye en poca proporción para las condiciones de este día, lo que se manifiesta con la elevación de la constante cinética de reaireación en el primer tramo en comparación con el segundo, cabe mencionar que el déficit crítico de oxígeno por cada veinte metros tenemos que también son iguales para ambos tramos con 8,94 mg/L en un tiempo de 0,42 segundos para el primer tramo y 0,47 segundos para el segundo tramos. Los indicadores del DBO₅₋₂₀ para los resultados dan como clasificación para los ambos tramos como aceptable y según la cantidad de oxígeno disuelto crítico se clasifica en ambos tramos como buena.

A continuación, se presenta el cuadro de datos físicos y químicos encontrados como datos esenciales para determinar los coeficientes cinéticos en el quinto día de muestreo:

Tabla 32*Resultados consolidado monitoreos realizados quinto día muestreos*

Datos	Tramo I	Tamo II	Und.
Tiempo	0,00311111	0,0026667	días
Distancia	20	20	Metros
OD	6	6,3	mg/L
DBO ₅	6	15	mg/L
Caudal(Q)	0,67	0,64	m ³ /s
Velocidad	0,56	0,48	m/s
Altitud	945	944	m.s.n.m.
temperatura	21,2	23,4	°C

Tabla 33*Coefficientes cinéticos del quinto dia de muestreos*

Característica	Valor		Und.
	Tramo I	Tramo II	
Constante cinética de desoxigenación	2,19	2,24	días ⁻¹
Demanda bioquímica de oxígeno- última	5,96	14,91	mg/L
Constante cinética de reaireación	1,51	1,54	días ⁻¹
Oxígeno de saturación a 1atm de presión	15,35	145,63	mg/L
Presión de trabajo	335,31	335,60	mmHg
El oxígeno disuelto de saturación corregido	6,77	64,31	mg/L
déficit inicial de oxígeno	0,77	58,01	mg/L
El déficit neto de oxígeno	5,87	6,06	mg/L
El déficit crítico de oxígeno	5,96	14,91	mg/L
Distancia crítica	0,21	0,22	km
Tiempo crítico	0,38	0,47	segundos

Para el quinto muestreo, utilizando las fórmulas, se calculó la constante cinética de desoxigenación, la cual es mayor para el segundo tramo con $2,24 \text{ días}^{-1}$ y para el segundo tramo con $2,19 \text{ días}^{-1}$, indicando una demora por lo menos de un día y media para desoxigenarse en cada tramo; a su vez la demanda bioquímica de oxígeno ultima es mayor en el segundo tramo con $14,91 \text{ mg/L}$, los indicadores del DBO_{5-20} para los resultados dan como clasificación para el primer tramos como agua de buena calidad y para el segundo tramos como aceptable y según la cantidad de oxígeno disuelto critico se clasifica como bueno y en el segundo tramo como sobre saturado, cabe mencionar que el déficit critico de oxígeno por cada veinte metros tenemos que para el segundo tramo es de $14,91 \text{ mg/L}$ en un tiempo de $0,47$ segundos, siendo la distancia crítica 220 metros lineales.

A continuación, se presenta el cuadro de datos físicos y químicos encontrados como datos esenciales para determinar los coeficientes cinéticos en el sexto día de muestreo:

Tabla 34

Resultados consolidado monitoreos realizados en sexto dias muestreos

Datos	Tramo I	Tamo II	Und.
Tiempo	0,0029444	0,0037222	días
Distancia	20	20	metros
OD	7,4	7,9	mg/L
DBO_5	9	23	mg/L
Caudal(Q)	0,63	0,9	m^3/s
Velocidad	0,53	0,67	m/s
Altitud	945	944	m.s.n.m.
temperatura	21,9	23,4	$^{\circ}\text{C}$

Tabla 35*Coefficientes cinéticos del sexto día de muestreos*

Característica	Valor		Und.
	Tramo I	Tramo II	
Constante cinética de desoxigenación	2,25	1,89	días ⁻¹
Demanda bioquímica de oxígeno- última	8,94	22,84	mg/L
Constante cinética de reaireación	1,55	1,30	días ⁻¹
Oxígeno de saturación a 1atm de presión	15,93	145,63	mg/L
Presión de trabajo	335,31	335,60	mmHg
El oxígeno disuelto de saturación corregido	7,03	64,31	mg/L
déficit inicial de oxígeno	-0,37	56,41	mg/L
El déficit neto de oxígeno	7,22	7,47	mg/L
El déficit crítico de oxígeno	8,94	22,84	mg/L
Distancia crítica	0,21	0,38	km
Tiempo crítico	0,40	0,57	segundos

Utilizando las fórmulas se calculó la constante cinética de desoxigenación, la cual es mayor para el primer tramo con 2,25 días⁻¹ y para el segundo tramo con 1,89 días⁻¹, estamos hablando de una demora por lo menos de un día y medio para desoxigenarse en cada tramo; a su vez la demanda bioquímica de oxígeno ultima es mayor en el segundo tramo con 22,84 mg/L, lo que implica que aguas abajo el oxígeno disuelto disminuye, lo que se manifiesta con la elevación de la constante cinética de re aireación en el primer tramo en comparación con el segundo, además el déficit inicial de oxígeno para el primer tramo no existe por ende se observa el numero negativo y para el segundo tramo es de 56,41 mg/L cabe mencionar que el déficit critico de oxígeno por cada veinte metros tenemos que para el segundo tramo es de 22,84 mg/L en un tiempo de 0,57 segundos.

3.3. Capacidad de autodepuración del tramo seleccionado y estimar la calidad del agua mediante el empleo de indicadores (coeficientes cinéticos de autodepuración del agua).

Tabla 36

Últimos datos de muestreo

Datos	Vertido	Estación 03	Und.
Tiempo	0,004	0,008	días
Distancia	1,5	20	metros
OD	4	6,7	mg/L
DBO ₅	46	13	mg/L
Caudal(Q)	0,65	1,5	m ³ /s
Velocidad	0,35	0,21	m/s
Altitud	945	944	m.s.n.m.
temperatura	22	21,4	°C

En el último muestreo realizado en la quebrada y el punto de vertido ubicado en el sector del albergue Santa Isabel, donde llegan los vertidos de lodos desechados productos de la limpieza de las pozas de la Empresa Prestadora de Servicios de la ciudad de Moyobamba ubicado en la carretera a los baños termales.

Mediante el uso de fórmulas matemáticas y ecuaciones se determinaron los coeficientes de autodepuración de la quebrada con respecto al punto de vertido:

Tabla 37

Capacidad de autodepuración

Datos	Análisis	UND
DBO ₅ (Mezcla)	22,976744	mg/L
Temperatura de mezcla.	21,581395	°C
Oxígeno disuelto de mezcla	5,8837209	mg/L
Oxígeno de saturación de mezcla.	16,014666	mg/L
Déficit de oxígeno inicial	10,130946	mg/L
Constante de desoxigenación	1,4723858	días ⁻¹

La capacidad de autodepuración mediante el uso de ecuaciones y cálculos es aceptable, debido a la cantidad de DBO_{5-20} entre la mezcla del agua del vertido y el agua de la quebrada es de 22,98 mg/L es una cantidad media comparada con la cantidad del vertido y el resultado a 20 metros de distancia desde el vertido, y la temperatura de mezcla es medianamente regulada por la intemperie, debido a que no cambia mucho, la cantidad de oxígeno disuelto de la mezcla supera la cantidad de oxígeno disuelto que debería haber en el agua no contaminada y que puede ser utilizada en aguas de consumo humano, así mismo el oxígeno de saturación de la mezcla es tres veces superior al disuelto lo cual indica una gran capacidad de autodepuración que tiene la quebrada en este punto, además cabe mencionar que estos valores se encuentran influenciados por la cantidad de precipitaciones en la zona y la altura.

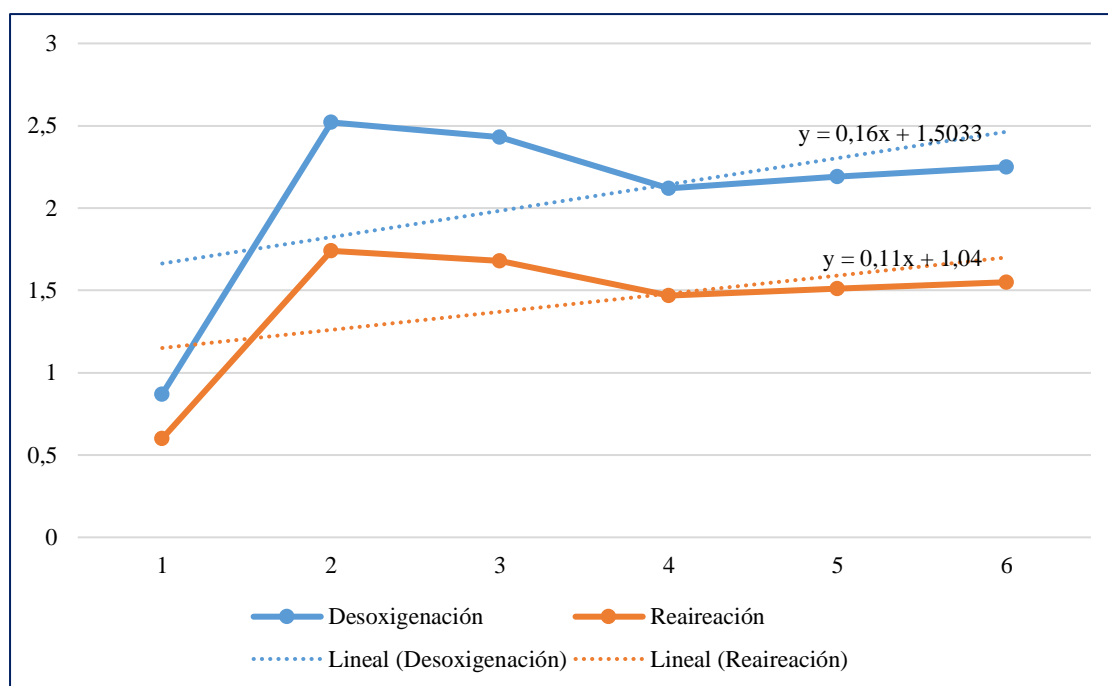


Figura 3. Tendencias en el tramo 1.

En la figura anterior se muestran las ecuaciones de las líneas de tendencia que describen su comportamiento dentro de la quebrada entre el primer tramo analizado, en el cual se puede ver que es mucho más alta la línea de desoxigenación $0,16x + 1,5033$, superando a la reaireación $0,11x + 1,04$, lo que implica un proceso poco sustentable en el tiempo de vida de la quebrada.

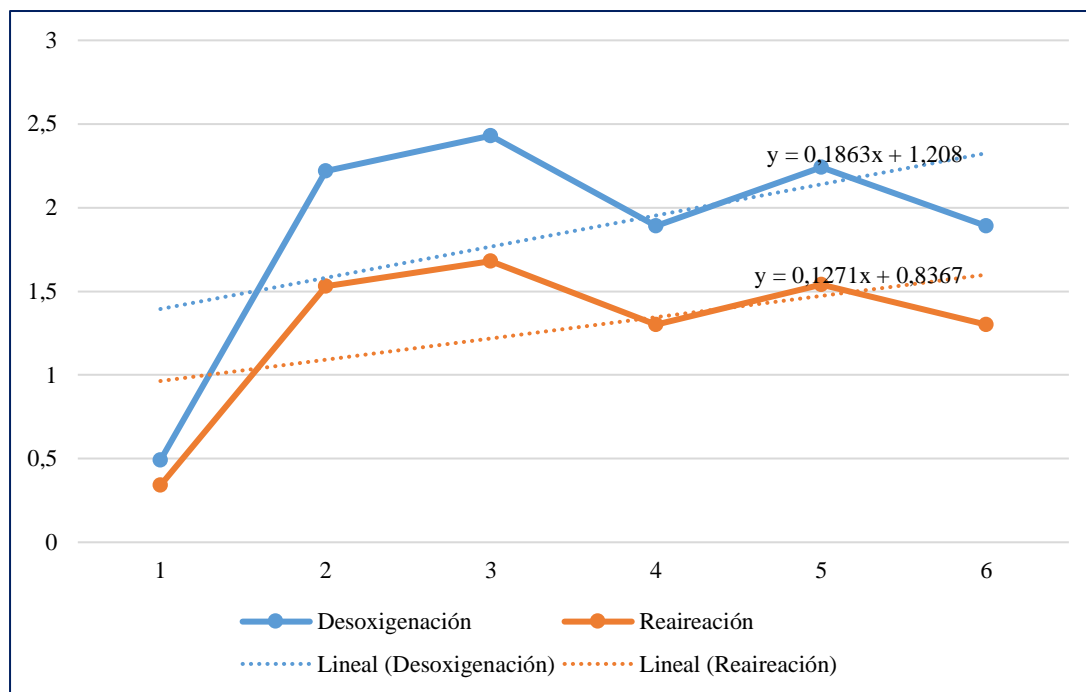


Figura 4. Tendencia en el tramo II

En la figura se puede notar que el comportamiento del grado de desoxygenación y aireación, es muy parecido al primer tramo, pues la línea de tendencia de la desoxygenación es mayor con la ecuación $0,1863x + 1,208$ y la línea de tendencia de la reaireación es menor con la ecuación $0,1271x + 0,8367$ lo que como se explica indica una ausencia futura de oxígeno y por lo tanto de depuración de la quebrada.

3.4. Discusión de resultados

En el artículo de investigación de Feria et.al (2017) observó que las estaciones cercanas a la presa y al complejo lagunar del Bajo Sinú presentaron valores mayores, se concuerda que los coeficientes cinéticos calculados variaron dependiendo del tramo, del caudal y de la temperatura a lo largo del año. Sin embargo, estos coeficientes indican que el río Sinú es una corriente con bajos niveles de contaminación y con un alto potencial de autopurificación, para la quebrada estudiada también se demostró que según los niveles de oxígeno y DBO estamos en un estado de calidad bueno y estable apoyado en factores como el ambiente y las precipitaciones.

Octave (2017), indica que el impacto de las restricciones ambientales en cuanto a la calidad del agua es despreciable a corto plazo, lo que se representaría en la investigación con

los cálculos realizados en un día para tramos cortos los cuales indican el efecto, se observa un mejoramiento significativo de las variables hidrodinámicas, químicas y biológicas a largo plazo, es decir el apoyo del ambiente dentro de un espacio determinado a la cuenca. En esta investigación se observó que en los puntos de estudio hubo crecimiento de algas, lo cual perjudica la oxigenación del agua, es así que la presencia de musgos y otras plantas en la quebrada actual también representaría un peligro si aumentara.

En la investigación de Aguirre et. al (2017): evaluó la capacidad que posee este curso de agua de asimilar los efluentes descargados en él, los análisis de oxígeno disuelto (OD) y de demanda biológica de oxígeno (DBO) mostraron que el arroyo no logró autodepurarse luego de la descarga de la planta de tratamiento de efluentes, manteniendo una condición de hipoxia hasta su desembocadura en el río Anisacate, con la consiguiente afectación a la vida acuática; lo que contrariamente sucede con la quebrada en estudio cuya capacidad e autodepuración en épocas del vertido cuya época es época de lluvia, si posee una buena oxigenación, en cambio en época de estiaje sufre algunas consecuencias relevantes para la supervivencia de la microcuenca.

Para Cortés (2016), evaluó el comportamiento del oxígeno disuelto en el río Cesar entre los vertimientos de la paz y salguero y su relación con componentes microbiológicos e índice de calidad BMWP; Los resultados obtenidos en el diseño experimental se puede concluir que efectivamente la DBO es con 95% de probabilidad el factor que más influencia tiene sobre el proceso de desoxigenación, lo cual se confirma en la investigación actual, en donde el DBO es predominante en gran manera para determinar la capacidad de la quebrada; esto quiere decir que es esta la causa más determinante para que el río pierda el oxígeno disuelto que en condiciones normales tiene el cuerpo de agua receptor.

CONCLUSIONES

El valor de los parámetros químicos y físicos, evaluados de la quebrada, son en promedio 7,3 mg/L de oxígeno disuelto en el agua, 12,3 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno, además de tener 22,4 °C de temperatura.

La calidad del agua según indicadores matemáticos utilizados en la investigación es aceptable, es decir adecuada para la gran mayoría de especies en ambos tramos de la parte media de la quebrada.

La constante cinética de desoxigenación, en los últimos muestreos, es mayor para el primer tramo con 2,25 días⁻¹ y para el segundo tramo con 1,89 días⁻¹, lo que indica una demora por lo menos de un día y medio para desoxigenarse en cada tramo.

La demanda bioquímica de oxígeno última es mayor en el segundo tramo con 22,84 mg/L, lo que implica que aguas abajo el oxígeno disuelto disminuye, clasificándose como aceptable con indicio de contaminación, con capacidad de dilución.

El déficit inicial de oxígeno para el primer tramo no existe por ende se observa el número negativo y para el segundo tramo es de 56,41 mg/L, cabe mencionar que el déficit crítico de oxígeno por cada veinte metros tenemos que para el segundo tramo es de 22,84 mg/L en un tiempo de 0,57 segundos.

La capacidad de autodepuración mediante el uso de ecuaciones y cálculos se pudo determinar que es aceptable debido a la cantidad de DBO entre la mezcla del agua del vertido y el agua de la quebrada es de 22,98 mg/L es una cantidad media comparada con la cantidad del vertido.

RECOMENDACIONES

A la entidad prestadora de servicios de agua potable determinar otro tipo de tratamiento y cuidado en la disposición final de sus vertidos productos del lavado y sedimentación de agua tratado cada cierto periodo de tiempo.

Informar a los encargados del albergue que la quebrada presenta ciertas fluctuaciones cada cierto periodo de tiempo los cuales hacen presentar diversas características entre saturación y falta de oxígeno en la quebrada.

Capacitar a los pobladores cercanos para evitar el vertido de forma difusa a lo largo de la quebrada, pues esto estaría deteriorando de manera progresiva la capacidad auto depuradora de la quebrada.

Debido a que los estudios se han realizado en la parte media, se recomienda estudios en la parte alta de la cuenca, para mejor predicción del estado de la cuenca y su autodepuración conforme sigue su cauce.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARILLO. *Modelación matemática del contenido de oxígeno disuelto en el brazo Aña Cuá, aguas debajo de la represa de Yacyretá*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires. Argentina. 2017
- AGUIRRE, FLORENCIA, FORTUNATO Y LARROSA. *Modelación de oxígeno disuelto y DBO5 con tasas cinéticas determinadas experimentalmente un aporte para la gestión del arroyo Chicamtoltina*. Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. 4, No. 1. Argentina. 2017
- BASTERRECHEA, M. *Lineamientos para la preparación de proyectos de manejo de cuencas hidrográficas para eventual financiamiento del banco Interamericano de Desarrollo*. División del Medio Ambiente del Departamento de programas Sociales y Desarrollo Sostenible del banco Interamericano de Desarrollo (BID). Washington, D.C. 1996
- CEPIS/OMS/OPS *Tratamiento de agua para consumo humano, plantas de filtración rápida. Manual 1. tomo 1, capítulo 1*, versión electrónica. Lima: Perú. 2004
- CONAGUA *Comisión Nacional del Agua. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua*. México, 2006.
- CORTES *Aplicación de modelos matemáticos para evaluar el comportamiento del oxígeno disuelto en el río Cesar entre los vertimientos de La Paz y Salguero y su relación con componentes microbiológicos e índice de calidad BMWP*. Universidad Popular del Cesar. Bolivia. 2017
- EMPRESA POTABLE DE SANEAMIENTO EPS MOYOBAMBA. *Diagnóstico participativo de las áreas de Conservación Municipal Rumiyacu, Misquillacu, Almendra*. Perú. 2004
- EMPRESA POTABLE DE SANEAMIENTO, EPS-MOYOBAMBA, COOPERACIÓN TÉCNICA ALEMANA AL DESARROLLO (GTZ), PROYECTO ESPECIAL ALTO MAYO. *Informe del Proyecto Implementación de Parcelas Demostrativas en Zonas críticas de las Microcuencas de Rumiyacu, Mishquiyacu y Almendra*. San Martín. Perú. 2006

- FERIA, NADER Y MEZA. *Tasas de desoxigenación y reaireación para el río Sinú. Artículo de investigación. Universidad de Sucre. Volumen 35, n° 1. Colombia. 2017*
- GRISOLÍA. *La hidrosfera: contaminación. 4^{ta} edición. CTMA. SyG. España. 2014*
- GREENPEACE. *Calidad del Agua. 03 de Diciembre del 2018; 3:00pm*
<http://www.greenpeace.org/espana/campaigns/aguas/calidad-del-agua2018>
- HERNÁNDEZ A. *Depuración de aguas residuales. 4ta ed. Paraninfo S.A. Madrid, España. 1998*
- HERNÁNDEZ R. *Depuración de aguas residuales. Colegio de Ingenieros. Caminos. Vol.1. España. 1990*
- LIAÑO, ASCORBE, SAINZ. *Uso de trazadores en la modelización hidráulica de ríos. Aplicación al río Caudal (Asturias). Tecnología del agua. ELSEVIER; Vol. 97. España. 1992*
- LORA Y MIRO *Técnicas de defensa al medio ambiente. Ed. Labor. Barcelona. España. 1978. Pag.52*
- METCALF & EDDY. *Inc. ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. 3^a Ed. Madrid: Mcgraw Hill. España. 1995*
- MEDINA, RAMÍREZ, ESPINOSA, TOVAR, QUINTERO Y RODRÍGUEZ *Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río mololoa (nayarit, méxico) y propuestas de solución. Revista latinoamericana de recursos naturales. México. 2007*
- MOLERO, SAENS Y SOLER. *La autodepuración en las corrientes de agua. Recuperado de: <http://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle>. 1970*
- OCTAVE. *Modelación numérica a largo plazo de la calidad del agua del embalse rapel bajo diferentes condiciones de operación de la central hidroeléctrica. (Tesis para optar el título). Universidad de Chile. Chile. 2017*
- RED MAPSA *Red de Monitoreo ambiental Participativo de sistemas Acuáticos. Oxígeno Disuelto. junio del 2007.*

- RIVERA Determinación *de los índices de calidad y coeficientes cinéticos de auto depuración del agua, en la parte alta de la cuenca del río naranjo, ubicada en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango*. Universidad de San Carlos. Guatemala. 2008
- RUEDA. *Autodepuración y Vertidos en cursos fluviales*. Universidad de Granada. Uruguay. 2006
- SÁNCHEZ, G. *Diagnóstico de la Contaminación Marina en el Perú*. Informe progresivo. Instituto del Mar del Perú. Callao. Perú. 1992
- SARAVIA. *Contaminación del agua*. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2008
- SUAREZ J. *Modelos de calidad de agua*. Universidad de Coruña. España. 2008
- VICTORICA *Modelo para simular la evolución del oxígeno disuelto en embalses*. Universidad Nacional Autónoma. Ingeniería del Agua. Vol. 3 Num 2. México. 1996
- WRIGHT Y MCDONELL. Determinación de los coeficientes de oxigenación y desoxigenación para la curva de comportamiento. ED. 1. Mexico.1979

ANEXOS

Anexo 01: Panel fotográfico

Fotografía 1. Medición de tramos y distancias



Fotografía 2. Medición del Oxígeno Disuelto.



Fotografía 3. Uso de Incubadora



Fotografía 4. Aplicación de reactivos.



Fotografía 5. Uso del equipo Equipo H1 98193 para determinar el DBO5.