

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES



**"INFLUENCIA DEL CONTEXTO BIOFÍSICO Y SOCIOECONÓMICO EN
EL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO,
EN LA MICROCUENCA JUNINGUILLO, MOYOBAMBA 2013"**

**Tesis para optar el grado Académico de Maestro con mención en
Gestión Ambiental**

AUTOR:

Ing. Alfonso Rojas Bardález

ASESOR:

Ing. M. Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza

Tarapoto - Perú

2018



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/>

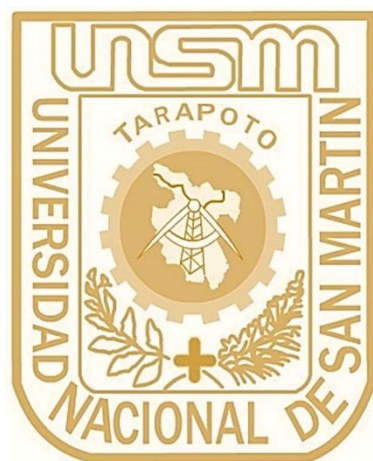


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES



**“INFLUENCIA DEL CONTEXTO BIOFÍSICO Y SOCIOECONÓMICO
EN EL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO
HUMANO, EN LA MICROCUENCA JUNINGUILLO, MOYOBAMBA
2013.”**

Tesis para optar el grado de Maestro, con mención en Gestión Ambiental

AUTOR:

Ing. Alfonso Rojas Bardález

ASESOR:

Ing. M. Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza

Tarapoto - Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES



**“INFLUENCIA DEL CONTEXTO BIOFÍSICO Y SOCIOECONÓMICO
EN EL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO
HUMANO, EN LA MICROCUENCA JUNINGUILLO, MOYOBAMBA
2013.”**

Tesis para optar el grado de Maestro, con mención en Gestión Ambiental

AUTOR:

Ing. Alfonso Rojas Bardález

ASESOR:

Ing. M. Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza

Tarapoto - Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA



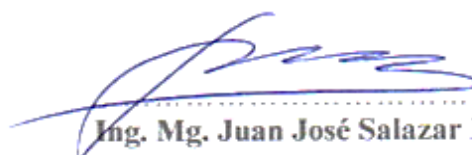
**“INFLUENCIA DEL CONTEXTO BIOFÍSICO Y SOCIOECONÓMICO
EN EL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO
HUMANO, EN LA MICROCUENCA JUNINGUILLO, MOYOBAMBA
2013.”**

Tesis para optar el grado de Maestro, con mención en Gestión Ambiental

AUTOR:

Ing. Alfonso Rojas Bardález

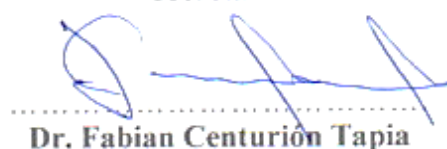
**Sustentada y aprobada el 26 de junio de 2018, en contenido y estilo por el
siguiente jurado:**


.....
Ing. Mg. Juan José Salazar Díaz

Presidente


.....
Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna

Secretario


.....
Dr. Fabian Centurión Tapia

Vocal

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – TARAPOTO

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA



**“INFLUENCIA DEL CONTEXTO BIOFÍSICO Y SOCIOECONÓMICO
EN EL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO
HUMANO, EN LA MICROCUENCA JUNINGUILLO, MOYOBAMBA
2013.”**

**EL SUSCRITO DECLARA QUE EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS ES
ORIGINAL, EN SU CONTENIDO Y FORMA.**

.....
Ing. ALFONSO ROJAS BARDÁLEZ

EJECUTOR

.....
Ing. M. S.c. YRWIN FRANCISCO AZABACHE LIZA

ASESOR

Declaratoria de Autenticidad

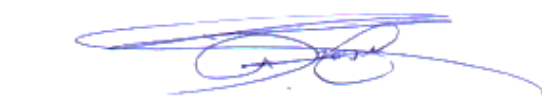
Alfonso Rojas Bardález, identificado con DNI N°00832316, egresado de la Sección de posgrado de la Facultad de Ecología, del Programa de Maestría en Ciencias, con mención el Gestión Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la Tesis titulada: **“INFLUENCIA DEL CONTEXTO BIOFÍSICO Y SOCIOECONÓMICO EN EL ÍNDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, EN LA MICROCUENCA JUNINGUILLO, MOYOBAMBA 2013.”**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la monografía no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la Tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 26 de junio del 2018.



Ing. Alfonso Rojas Bardález
DNI N°00832316



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:	ROJAS BORDOLEZ, DIFONSO		
Código de alumno :		Teléfono:	942957540
Correo electrónico :	arojas@ursm.edu.pe	DNI:	00832316

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

2. Datos Académicos

Facultad de:	ECOLOGIA
Escuela Profesional de:	PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES

3. Tipo de trabajo de investigación

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

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	"INFLUENCIA DEL CONTEXTO BIOFISICO Y SOCIOECONOMICO EN EL INDICE DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, EN LA MICROCUENCA JUNIN-GUILLO, REGYU BAMBAS 2013"
Año de publicación:	2018

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 12º 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 del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

13, 12, 2018



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***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

Esta investigación se la dedico a dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

“la dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar” Thomas Chalmers.

Alfonso.

AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para la culminación del presente informe.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
 INTRODUCCIÓN	 1

CAPITULO I

REVISION BIBLIOGRÁFICA

1.1. Marco legal para la evaluación de la calidad del agua	2
1.2. Importancia del agua	3
1.3. Calidad del agua	3
1.4. Índice de calidad del agua	3
1.5. Clasificación de los índices de calidad del agua	4
1.6. Uso de los índices	5
1.7. El índice de la fundación nacional de saneamiento (NSF)	5
1.8. Componentes de la calidad del agua	13
1.9. Antecedentes sobre el uso de índices de calidad del agua	18

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales	20
2.2. Métodos	20

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Resultados	25
3.2. Discusiones	66

CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	73
Anexo 01: Presencia de intervención antrópica en la parte alta de la microcuenca	74
Anexo 02: Áreas vulnerables por la presencia de accesos al interior de la microcuenca	74
Anexo 03: Medición de pH insitu	75
Anexo 04: Medición de temperatura °C insitu	75

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Hoja de cálculo del ICA-NSF	12
Tabla 2: Rango de calidad del agua según ICA-NSF	12
Tabla 3: Distribución de puntos de muestreo	21
Tabla 4: Cotas de la microcuenca Juninguillo 2107	25
Tabla 5: Formas de la cuenca hidrográfica	28
Tabla 6: Unidades fisiográficas identificadas en la microcuenca Juninguillo	36
Tabla 7: Población en el área de influencia de la microcuenca Juninguillo	44
Tabla 8: Datos del punto de muestreo 1, según concentración de DBO ₅ (mg/l)	45
Tabla 9: Datos del punto de muestreo 1, según concentración de oxígeno disuelto (% saturación)	46
Tabla 10: Datos del punto de muestreo 1, según concentración de coliformes fecales (NMP/100 ml)	47
Tabla 11: Datos del punto de muestreo 1, según concentración de Fosfatos (mg/l)	47
Tabla 12: Datos del punto de muestreo 1, según concentración de Nitratos (mg/l)	48
Tabla 13: Datos del punto de muestreo 1, según variación de la Temperatura (°C)	49
Tabla 14: Datos del punto de muestreo 1, según concentración pH	49
Tabla 15: Datos del punto de muestreo 1, según concentración de Solidos Totales Disueltos (mg/l)	50
Tabla 16: Datos del punto de muestreo 1, según la Turbiedad (NTU)	51
Tabla 17: Datos del punto de muestreo 2, según concentración de la DBO ₅ (mg/l)	51
Tabla 18: Datos del punto de muestreo 2, según concentración de oxígeno disuelto (% saturación)	52
Tabla 19: Datos del punto de muestreo 2, según concentración de Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	53
Tabla 20: Datos del punto de muestreo 2, según concentración de Fosfatos (mg/l)	53
Tabla 21: Datos del punto de muestreo 2, según concentración de Nitratos (mg/l)	54
Tabla 22: Datos del punto de muestreo 2, según variación de la Temperatura (°C)	55
Tabla 23: Datos del punto de muestreo 2, según concentración pH	55
Tabla 24: Datos del punto de muestreo 2, según concentración de Solidos Totales Disueltos (mg/l)	56
Tabla 25: Datos del punto de muestreo 2, según la Turbiedad (NTU)	57

Tabla 26: Datos del punto de muestreo 1 (Parte alta de la microcuenca) por años	58
Tabla 27: Datos del Punto de muestreo 2 (Parte intermedia de la microcuenca) por años	59
Tabla 28: Datos promedio general a nivel de microcuenca	60
Tabla 29: Cálculo de índice ICA NSF, año 2013, punto 1 parte alta de la microcuenca	60
Tabla 30: Cálculo de índice NSF, año 2013, punto 2 parte intermedia de la microcuenca	61
Tabla 31: Cálculo de índice NSF, año 2014, punto 1 parte alta de la microcuenca	61
Tabla 32: Cálculo de índice NSF, año 2014, punto 2 parte intermedia de la microcuenca	62
Tabla 33: Cálculo de índice NSF, año 2015, punto 1 parte alta de la microcuenca	62
Tabla 34: Cálculo de índice NSF, año 2015, punto 2 parte intermedia de la microcuenca	63
Tabla 35: Cálculo de índice NSF, año 2016, punto 1 parte alta de la microcuenca	63
Tabla 36: Cálculo de índice NSF, año 2016, punto 2 parte intermedia de la microcuenca	64
Tabla 37: Cálculo de índice NSF, punto 1 parte alta de la microcuenca en todo el periodo de muestreo	64
Tabla 38: Cálculo de índice NSF, punto 2 parte intermedia de la microcuenca en todo el periodo de Muestreo	65
Tabla 39: Cálculo de índice NSF, promedio total del punto 1 y 2 de la parte alta e intermedia de la microcuenca	65

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Función de Calidad NSF Demanda Bioquímica de Oxígeno	7
Figura 2: Función de Calidad NSF, Porcentaje de Saturación de Oxígeno	7
Figura 3: Función de Calidad NSF, Coliformes Fecales NMP/100 ml	8
Figura 4: Función de Calidad NSF, Nitratos (mg/L)	8
Figura 5: Función de Calidad NSF, Potencial de Hidrogeno Unidades	9
Figura 6: Función de Calidad NSF, Temperatura Grados Celsius °C	9
Figura 7: Función de Calidad NSF, Sólidos Disueltos Mg/L	10
Figura 8: Función de Calidad NSF, Fosfatos Mg/L	10
Figura 9: Función de Calidad NSF, Turbidez NTU	11
Figura 10: Delimitación de la microcuenca Juninguillo	26
Figura 11: Mapa geológico de la microcuenca Juninguillo	32
Figura 12: Mapa geomorfológico de la microcuenca Juninguillo	35
Figura 13: Mapa fisiográfico de la microcuenca Juninguillo	37
Figura 14: Mapa de suelos de la microcuenca Juninguillo	42
Figura 15: Concentración de DBO ₅ (mg/l), según promedios anuales	46
Figura 16: Concentración de Oxígeno Disuelto (% Saturación), según Promedios anuales	46
Figura 17: Concentración de Coliformes Fecales (NMP/100 ml), según Promedios Anuales	47
Figura 18: Concentración de Fosfatos (mg/l), según Promedios Anuales	48
Figura 19: Concentración de Nitratos (mg/l), según Promedios Anuales	48
Figura 20: Variación de la Temperatura (ΔT °C), según Promedios Anuales	49
Figura 21: Concentración de pH, según promedios anuales	50
Figura 22: Concentración de Solidos Totales Disueltos (mg/l), según promedios anuales	50
Figura 23: Concentración de Turbiedad (NTU), según Promedios Anuales	51
Figura 24: Concentración de DBO ₅ (mg/l), según Promedios Anuales	52
Figura 25: Concentración de Oxígeno Disuelto (% Saturación), según Promedios anuales	52
Figura 26: Concentración de Coliformes Fecales (NMP/100 ml), según promedios anuales	53

Figura 27: Concentración de Fosfatos (mg/l), según promedios anuales	54
Figura 28: Concentración de Nitratos (mg/l), según Promedios Anuales	54
Figura 29: Variación de Temperatura (ΔT °C), según promedios anuales	55
Figura 30: Concentración de pH, según promedios anuales	56
Figura 31: Concentración de Sólidos Totales Disueltos (mg/l), según promedios anuales	56
Figura 32: Concentración de Turbiedad (NTU), según promedios anuales	57
Figura 33: Concentración promedio del punto de muestreo 1 (parte alta de la microcuenca) por años	58
Figura 34: Concentración general del punto de muestreo 2 (parte intermedia de la microcuenca) por años	59

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la microcuenca Juninguillo, la cual se encuentra ubicada en el distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba en el departamento de San Martín, tiene como objetivos determinar las características biofísicas y la determinación del índice de calidad del agua, bajo los criterios considerados por la National Sanitation Foundation (NSF).

La metodología empleada fue hacer un reconocimiento del área de estudio mediante la georreferenciación, así como el establecimiento de dos puntos de muestreo tomando en cuenta la parte alta y media de la microcuenca Juninguillo; en cada punto de muestreo se sacaron muestras de agua para evaluar nueve parámetros de calidad de agua recomendados por la National Sanitation Foundation (NSF) los cuales son DBO₅, oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, temperatura, nitratos, fosfatos, sólidos totales y turbiedad. Los cuales al ser comparados con los estándares de calidad ambiental del agua se encuentran comprendidos en los rangos establecidos pero que necesitan ser tratadas con tratamiento convencional para hacerlos aptos para el consumo humano.

En cuanto a resultados tenemos que el área de estudio está constituida principalmente de areniscas cuarzosas. A nivel geomorfológico mayormente está configurado por montañas altas estructurales denudacionales, lo que le confiere características geográficas propias de los procesos de geodinámica interna y externa.

En cuanto a la determinación del índice de calidad del agua- ICA, de los nueve parámetros analizados, la microcuenca Juninguillo presenta un valor de presenta un valor de 74.18.

En conclusión, tenemos que la quebrada Juninguillo, de acuerdo a la escala de clasificación de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF) presenta un agua clasificada de calidad buena.

Palabras clave: Índice de calidad del agua, microcuenca, estándares de calidad del agua.

ABSTRACT

The present study was carried out in the Juninguillo micro-basin, which is located in the district of Moyobamba, province of Moyobamba in the department of San Martín, and has as objectives to determine the biophysical characteristics and the determination of the water quality index, under the criteria considered by the National Sanitation Foundation (NSF). The methodology used was to make a survey of the study area through georeferencing, as well as the establishment of two sampling points taking into account the upper and middle part of the Juninguillo micro-basin; At each sampling point, water samples were taken to evaluate nine water quality parameters recommended by the National Sanitation Foundation (NSF), which are BOD5, dissolved oxygen, faecal coliforms, pH, temperature, nitrates, phosphates, total solids and turbidity. When compared to the environmental quality standards of water are included in the established ranges but need to be treated with conventional treatment to make them fit for human consumption.

In terms of results we have that the study area is mainly composed of quartz sandstones. At a geomorphological level, it is mainly formed by denudational structural high mountains, which gives it its own geographical characteristics of internal and external geodynamic processes.

Regarding the determination of the water quality index- ICA, of the nine parameters analyzed, the Juninguillo micro-watershed presents a value of 74.18.

In conclusion, we have that the Quebrada Juninguillo, according to the classification scale of the National Sanitation Foundation of the United States (NSF), presents a water classified of good quality.

Keywords: Water quality index, micro basin, water quality standards.



INTRODUCCIÓN

La evaluación general de la calidad del agua ha sido objeto de múltiples discusiones en cuanto a su aplicación para la regulación del recurso hídrico en el mundo ya que ésta considera criterios que no siempre garantizan el resultado esperado para regiones con diferentes características. Como consecuencia, muchos países han desarrollado estudios e indicadores tendientes a aplicar criterios de evaluación propios, de tal manera que su aplicabilidad corresponda con sus requerimientos y necesidades. **(OPS. 2010)**

Los intentos para lograr construir un índice que permita calificar la calidad del agua tienen historia significativa. Existe información de que en Alemania en 1848 ya se realizaban algunos intentos por relacionar la presencia de organismos biológicos con la pureza del agua. En los últimos 130 años, varios países europeos han desarrollado y aplicado diferentes sistemas para clasificar la calidad de las aguas; sin embargo, el desarrollo de índices de calidad del agua (ICA), basados en el empleo de valores numéricos para asignar una gradación de la calidad en un escala prácticamente continua son relativamente recientes. **(León. 1991)**

Los ICA más recientes, cuyo objetivo fundamental es la evaluación de la calidad del agua para consumo humano previo tratamiento, incluyen dentro de su estructura parámetros fisicoquímicos y microbiológicos directamente relacionados con el nivel de riesgo sanitario presente en el agua. **(León. 1991)**

En el ámbito nacional y regional, se han desarrollado estudios orientados a comparar y/o verificar ICA acordes con los estándares internacionales y nacionales.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Marco Legal para la evaluación de la calidad del agua

Los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA) D.S N° 015-2015-MINAM establece el nivel de concentración de elementos, o parámetros físicos, químicos y biológicos, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no representen riesgos para la salud de las personas ni para el ambiente **(EL PERUANO. 2015)**.

Los estándares nacionales de calidad ambiental clasifican los cuerpos de agua del país respecto a sus usos, ya sean terrestres o marítimos. Para evaluar la calidad de las aguas de la quebrada situado en la localidad, se tomó como referencia la clasificación según la categoría 1: A2 (aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional). La Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 menciona que la protección de los recursos hídricos estuvo regulada anteriormente en el Perú por la Ley General de Aguas (Decreto Legislativo N° 17752 y sus modificaciones), desde el 31 de Marzo del 2009 entro en vigencia la Ley de Recursos Hídricos N° 29338, que tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a ésta, promoviendo la gestión integrada de los recursos hídricos con el propósito de lograr eficiencias y sostenibilidad en la gestión por cuencas hidrográficas y acuíferos, para la conservación e incremento de la disponibilidad del agua, así como para asegurar la protección de su calidad.

El Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, en su artículo 2 establece que los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, y en el diseño de normas legales y políticas públicas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. **(EL PERUANO. 2015)**

1.2. Importancia del agua

Según CEPIS (2007), menciona que el agua es una de las Sustancias más difundidas y abundantes en el planeta tierra. Concretamente se denomina al agua "el solvente universal" y es un raro caso de sustancia que está presente en nuestro entorno, en los tres estados: gaseoso, líquido y sólido. Es parte integrante de la mayoría de los seres vivos, tanto animales como vegetales.

1.3. Calidad del agua

Barrenechea (2004), manifiesta que el término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. Para decidir si el agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso. Bajo estas consideraciones, se dice que el agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial.

1.4. Índice de calidad de agua

Quispe *et al.*, (1970) desarrolla, por primera vez, una metodología para crear un índice de calidad de agua debido a la necesidad de implantar un método uniforme que pudiera medir la calidad del agua. Los índices, permiten evaluar los cambios de la calidad del agua, haciendo uso de una escala de valores y un peso ponderado para cada parámetro de evaluación, la metodología incorpora los métodos DELPHI. El Método de Delphi, es un método ampliamente utilizado y aceptado para lograr la convergencia de opiniones sobre el conocimiento del mundo real, solicitado por expertos en ciertas áreas temáticas sobre la lógica de que "dos cabezas piensan mejor que una" es decir, la opinión de varios expertos sobre un tema específico ofrece mayor confianza en los resultados obtenidos.

La metodología Delphi, es la más usada en el diseño de índices de calidad, propone la escogencia y conformación de un panel de expertos tales como, agencias de vigilancia, académicos y otros, que tengan relación con la calidad del agua, quienes seleccionan las variables de acuerdo a su criterio individual y finalmente escogen las de mayor recurrencia

1.5. Clasificación de los índices de calidad del agua

De acuerdo con BALL y CHURCH, (1980), los índices de calidad de agua se organizan en 10 categorías dentro de 4 grupos. Las categorías están orientadas de acuerdo con su uso.

Grupo uno: se aplica a tensores e incluye dos categorías:

- **Los indicadores en la fuente:** los cuales reportan la calidad del agua, generada por tensores en fuentes discretas. Entendiendo como tensor a aquellos parámetros que ejercen presión sobre la calidad del agua (especialmente compuestos tóxicos).
- **Los indicadores en un punto diferente a la fuente:** reportan la calidad del agua generada por fuentes difusas.

Grupo dos: mide la capacidad de estrés e incluye 4 categorías:

- **Medidas simples como indicadores:** incluyen muchos atributos y componente individuales del agua, que pueden ser usados como indicadores de su calidad.
- **Los indicadores basados en criterios o estándares:** los que correlacionan las medidas de calidad de agua con los niveles estándar o normales que han sido determinados para la preservación y usos adecuados del agua. La correlación referida al hecho de comparar valores reglamentados con los determinados insitu.
- **Los índices multiparametro:** son determinados por las opiniones colectivas o individuales de expertos. Cada experto de acuerdo a su experiencia da una opinión para ser considerada en el índice.
- **Los índices multiparametro empíricos:** son establecidos por los usos de las propiedades estadísticas de más mediciones de calidad del agua.

Grupo 3: incluye la categoría única de indicadores para lagos específicamente desarrollados para este tipo de sistemas.

Grupo 4: sobre las consecuencias: incluye 4 categorías:

- **Indicadores de la vida acuática:** basados en las diferentes relaciones de tolerancia de la biota acuática a varios contaminantes y condiciones.
- **Indicadores del uso del agua:** evalúan la compatibilidad del agua con usos como, poblacional, riego de parques y jardines y en la agricultura.
- **Indicadores basados en la percepción:** los cuales se determinan por las opiniones del público y los usos de los cuerpos de agua.

1.6. Usos de los índices.

Los índices pueden ser usados para mejorar o aumentar la información de la calidad del agua y su difusión comunicativa, sin embargo, no pretenden reemplazar los medios de transmisión de la información existente. Los posibles usos de los índices son seis. (OTT. 1978)

- **Manejo de los recursos,** en este caso los índices pueden proveer información a personas que toman decisiones sobre las prioridades del recurso.
- **Clasificación de áreas,** los índices son usados para comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas.
- **Aplicación de normatividad,** en situaciones específicas y de interés, es posible determinar si se está sobrepasando la normatividad ambiental y las políticas existentes
- **Análisis de la tendencia,** el análisis de los índices en un periodo de tiempo, pueden mostrar si la calidad ambiental está disminuyendo o mejorando.
- **Información pública,** en este sentido, los índices pueden tener utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.
- **Investigación científica,** tiene el propósito de recopilar, sistematizar y elaborar datos de manera que se pueda analizar las conclusiones para determinar si se confirman las hipótesis planteadas y si encajan en el marco teórico del que se partió.

1.7. El índice de la fundación nacional de saneamiento (NSF)

1.7.1. Metodología de diseño

El índice de calidad de agua de la national sanitation foundation (NSF) de Estados Unidos, fue establecido por medio del uso de la técnica de investigación

Delphi de la “Rand Corporation's” (BALL Y CHURCH, 1980).

Esta técnica es utilizada comúnmente en paneles de expertos, que para la época fueron 142. El INSF, tiene la característica de ser un índice multiparámetro, y se basó en tres estudios.

En el primero, se probaron 35 variables de contaminación incluidos en el índice; los expertos opinaron sobre ellos y clasificaron los mismos en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: “no incluido”, “indeciso” o “incluido”. Dentro de los incluidos debían dar una calificación de 1 a 5, de acuerdo a su mayor o menor importancia, siendo uno la calificación más significativa. Igualmente tuvieron la oportunidad de incluir más variables (OTT, 1978; BROWN *et al.*, 1970).

En un segundo estudio, se dio la evaluación comparativa de las respuestas dadas por todos los expertos, de tal manera que se modificaran las respuestas si se determinaba conveniente. Como resultados de este segundo estudio, nueve fueron las variables identificadas de mayor importancia: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO₅, nitratos, fosfatos, desviación de la temperatura, turbidez y sólidos totales.

Finalmente, en el tercer estudio, los participantes fueron cuestionados sobre el desarrollo de una curva de valoración o curvas de función, para cada variable. Los niveles de Calidad de Agua tuvieron un rango de 0 a 100 que fueron localizadas en las ordenadas y los diferentes niveles de las variables en las abscisas. Cada participante realizó la curva que pensó que representaba la variación de la calidad del agua, causada por el nivel de contaminación de las variables. Estas curvas fueron conocidas como “Relaciones Funcionales” o “Curvas de Función (OTT, 1978; BROWN *et al.*, 1970).

1.7.2. Curvas de Función

Los investigadores promediaron todas las curvas para producir, de la misma manera, una curva promedio para cada contaminante. Luego las curvas fueron graficadas a través del uso de la media aritmética con un límite de confianza del 80% sobre este valor medio. Límites de confianza cercanos a la media representaba un contaminante variable, hecho que se verificaba en los estudios, mientras que límites de confianza amplios representaba desacuerdos entre las

respuestas. Por ejemplo, el oxígeno disuelto tuvo una banda estrecha y la turbidez una gráfica mucho más amplia, como es observable a continuación en las figuras correspondientes a cada variable. (Figuras 1 a 9) con su respectivo valor Q (BROWN *et al.*, 1970).

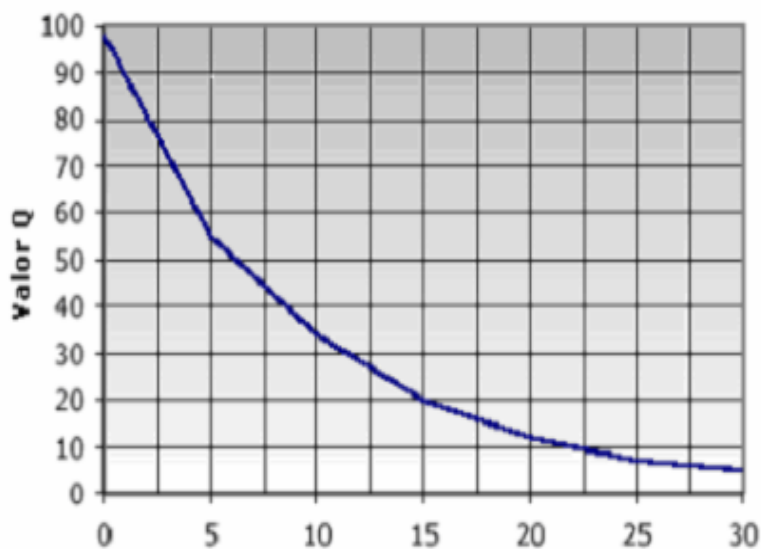


Figura 1: Función de Calidad NSF Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)

Legenda: Si DBO5 > 30, Q = 30

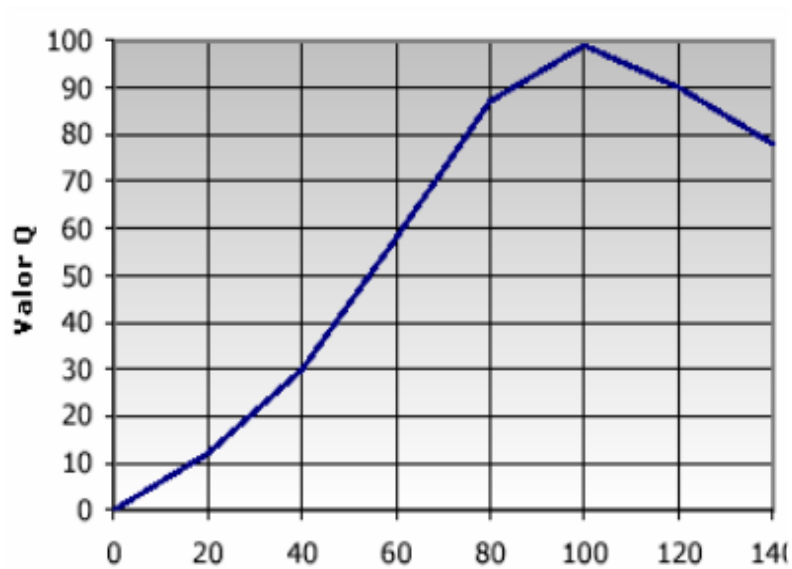


Figura 2: Función de Calidad NSF, Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto % Saturación de Oxígeno

Legenda: Si % saturación > 140, Q = 50

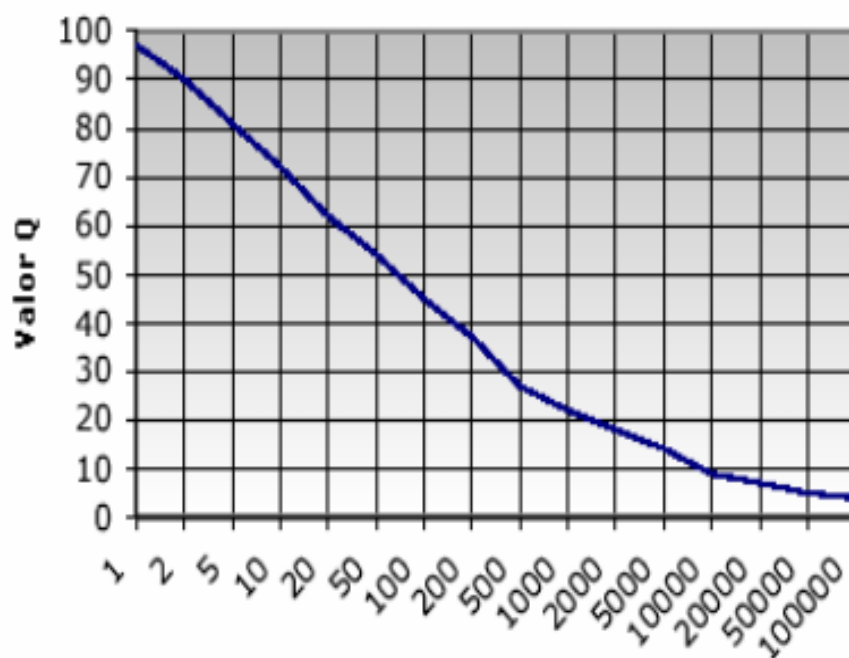


Figura 3: Función de Calidad NSF, Coliformes Fecales NMP/100 ml

Leyenda: Si Coliformes Fecales > 100.000, Q = 20

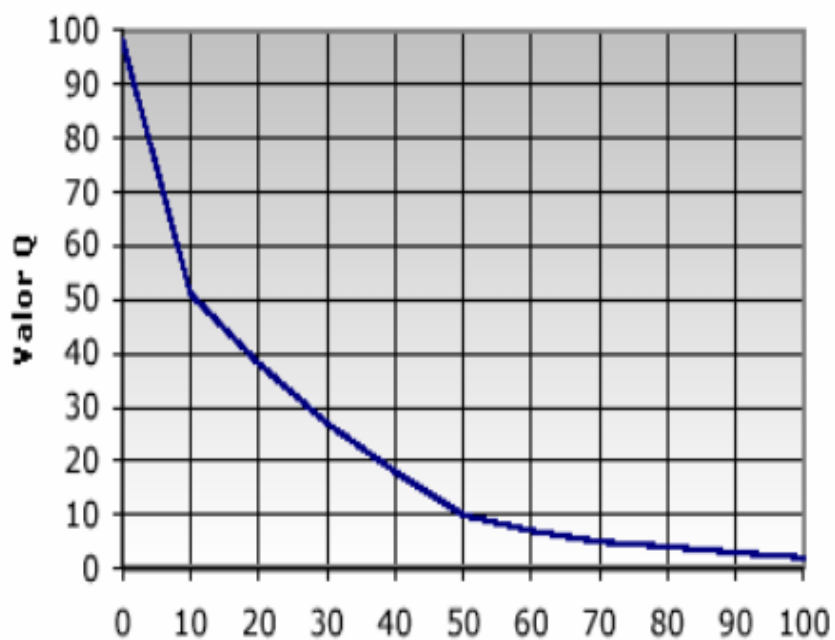


Figura 4: Función de Calidad NSF, Nitratos (mg/L)

Leyenda: Si Nitratos > 100, Q = 10

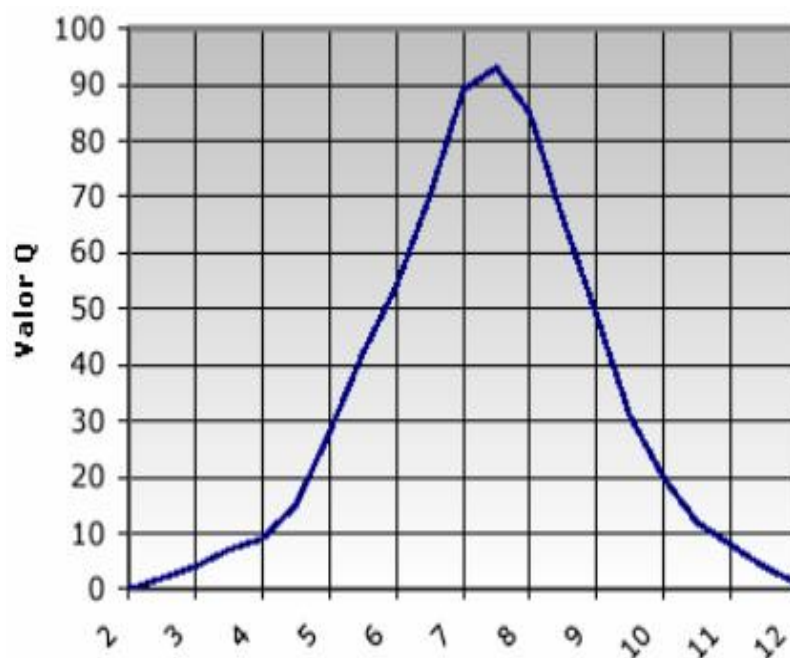


Figura 5: Función de Calidad NSF, Potencial de Hidrogeno Unidades

Leyenda: Si $\text{pH} < 2.0$ o > 12 , $Q = 0$

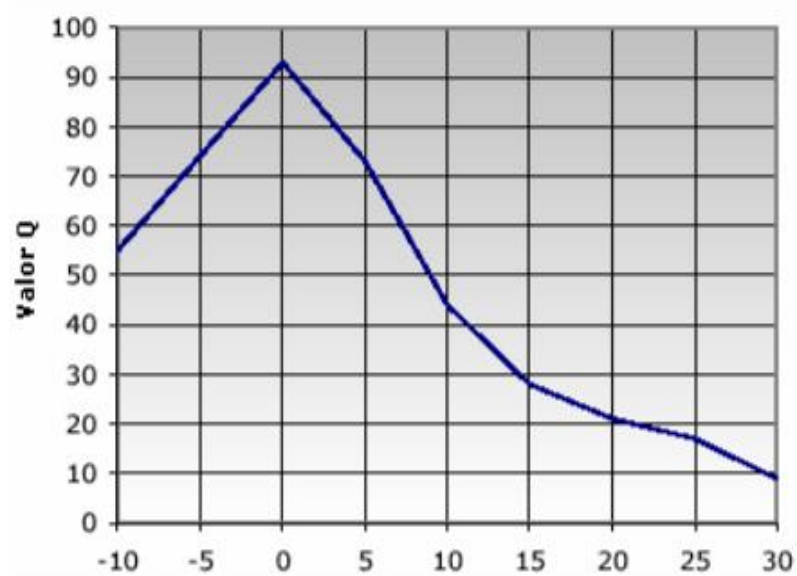


Figura 6: Función de Calidad NSF, Temperatura Grados Celsius °C

Leyenda: Si $\Delta T < -5$, $Q = \text{Indefinido}$ ó Si $\Delta T > 5$, $Q = 9$

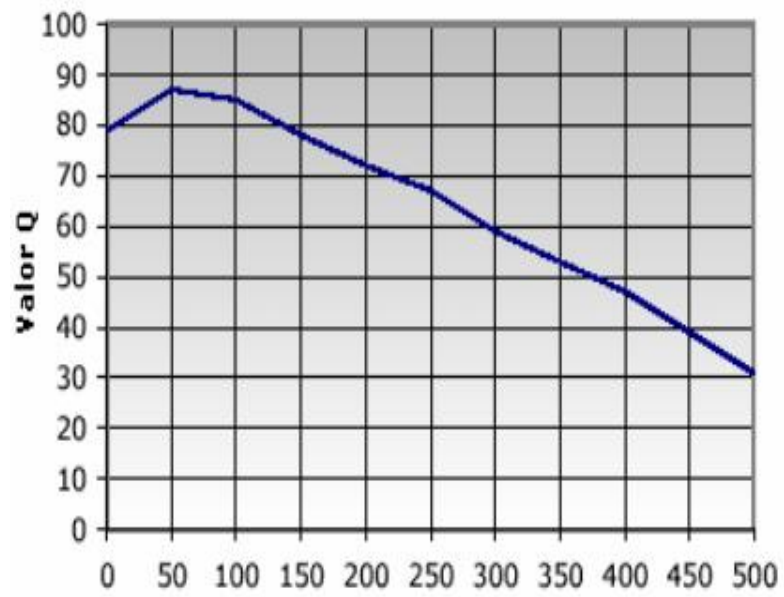


Figura 7: Función de Calidad NSF, Sólidos Disueltos Mg/L

Leyenda: Si $STD > 500$, $Q = 20$

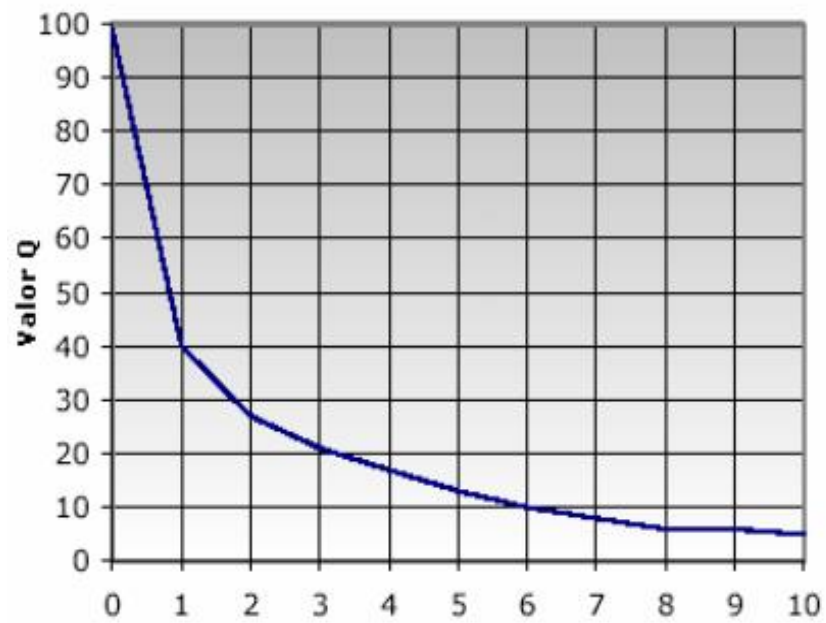


Figura 8: Función de Calidad NSF, Fosfatos Mg/L

Leyenda: Si Fosfatos > 10 , $Q = 2.0$

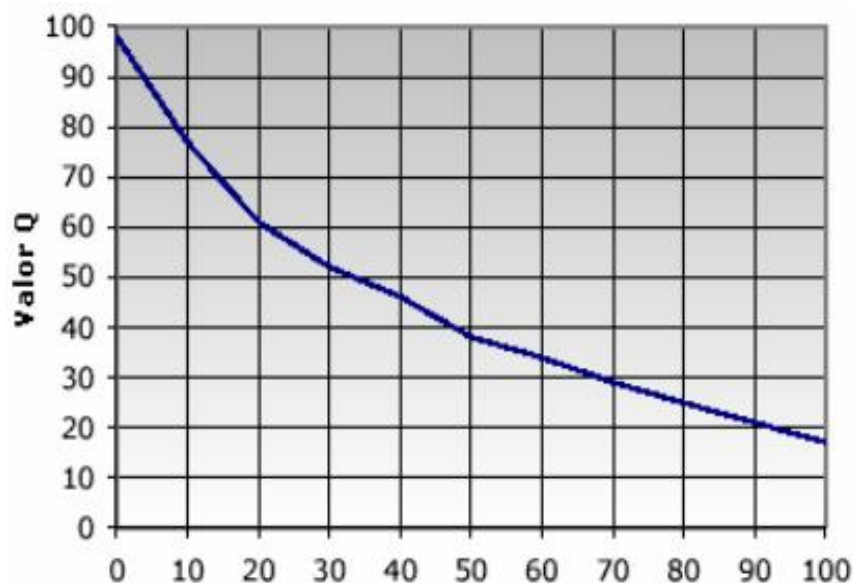


Figura 9: Función de Calidad NSF, Turbidez NTU

Leyenda: Si Turbidez > 100, Q = 5.0

1.7.3. Formulaciones y cálculo del índice NSF

Para el establecimiento de los valores de los subíndices, fue importante que los pesos sumaran uno, con la atenuante de tener en cuenta las valoraciones dadas por los expertos. Para lograr esto, se calcularon promedios aritméticos de las valoraciones para todas las variables; los pesos temporales eran calculados dividiendo la importancia de cada parámetro sobre la valoración del peso de la variable de mayor importancia, es decir, el oxígeno disuelto. Así, los pesos temporales eran divididos individualmente entre la suma de los pesos temporales, lo que produjo los pesos finales. Estos pesos fueron: oxígeno disuelto, 0.17; Coliformes fecales, 0.15; pH, 0.12; DBO₅, 0.10; nitratos, 0.10; fosfatos, 0.10; Desviación de temperatura, 0.10; turbiedad, 0.08; y sólidos totales disueltos, 0.08 (OTT, 1978).

Para calcular el índice de calidad del agua agregado, se usa una suma lineal ponderada de los subíndices o una función de agregación del producto ponderado. El NSF usó una suma lineal ponderada. El resultado de su aplicación, debe ser un número entre 0 y 100, donde 0 representa la calidad de agua muy pobre y 100 representa la calidad de agua excelente. Esto encaja con el concepto del público general de valoraciones. La primera ecuación del índice fue un promedio geométrico ponderado:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

Dónde:

WQI: Índice de Calidad del Agua

SI_i: Subíndice del Parámetro i

W_i: Factor de Ponderación para el Subíndice i

Mientras la suma lineal ponderada se usa ampliamente, la agregación del producto ponderado, evita eclipsar el resultado, porque si un sub-índice es cero, entonces el índice es automáticamente cero (OTT, 1978).

Tabla 1

Hoja de cálculo del ICA-NSF






CALCULO DEL INDICE NSF		
PARAMETRO	UNIDADES	W1
OXIGENO DISUELTO	OD en % saturación	0.17
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	0.16
pH	unidades de pH	0.11
DBO	DBO ₅ en mg/ L	0.11
T°	°C	0.1
FOSFATOS TOTALES	PO ₄ en mg/L	0.1
NITRATOS	NO ₃ en mg/L	0.1
TURBIDEZ	NTU	0.08
SOLIDOS TOTALES	mg/ L	0.07

Fuente: Sistema Nacional de Estudio Territoriales, El Salvador (SNET, 2009)

El resultado final es interpretado de acuerdo con la siguiente escala de clasificación, en la que el fondo representa el color correspondiente a cada rango:

Tabla 2

Rango de Calidad del Agua según ICA-NSF.

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena 71 a 90		71 a 90
Regular 51 a 70		51 a 70
Mala 26 a 50		26 a 50
Pésima 0 a 25		0 a 25

Fuente: ICA-NSF-USA (BROWN, 1970)

Este índice tiene la particularidad de ser ampliamente usado en estudios ambientales.

Así, en los Estados Unidos en 1977, 12 de los 60 estados y agencias interestatales lo usaron. Inclusive se han utilizado gráficas tridimensionales para mostrar perfiles de calidad del agua. El índice se coloca en el eje vertical y el tiempo y la distancia en los ejes horizontales, con el fin de detectar tendencias y observar el comportamiento de la contaminación (OTT, 1978).

1.8. Componentes de la calidad del agua

El agua potable es aquella que cumple con un conjunto de normas establecidas por instituciones nacionales e internacionales y que se considera no ocasiona daños a la salud del consumidor. Más del 90 % del abastecimiento de agua potable es intermitente, solamente el 44 % dispone de cloración efectiva y no dispone de adecuados sistemas de control y vigilancia de la calidad del agua.

La calidad del agua se define como un concepto complejo que implica un juicio subjetivo que es función del uso y que además incluye una relación de parámetros físicos, químicos y biológicos que define su composición, grado de alteración, y la utilidad del recurso hídrico.

1.8.1. pH

Para conocer la calidad se evalúa un gran número de parámetros que permiten analizar la condición en que se encuentra una fuente de agua en particular, entre ellos el pH, este parámetro es una medida de la acidez o basicidad de una sustancia (EPA, 2007). El pH posee un rango de 0 a 14 donde 7 es el valor considerado como neutral. Cuando el valor del pH es menor de 7 es ácido, mientras que si el mismo valor está sobre este pH es básico. El valor recomendado del pH en el agua es de 6.5 a 8.5 (EPA, 2007).

1.8.2. Nitrato

El nitrato es un compuesto inorgánico combinado por un átomo de nitrógeno (N) y tres átomos de oxígeno (O) cuyo símbolo químico es NO_3^- .

Normalmente, el nitrato no es peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO_2).

Con frecuencia la contaminación por nitratos procede, principalmente, de fuentes no puntuales o difusas. Las fuentes de contaminación por nitratos en suelos y aguas (superficiales y subterráneas) se asocian, mayormente, a actividades agrícolas y ganaderas, aunque en determinadas áreas, también pueden estar relacionadas a ciertas actividades industriales, especialmente las del sector agrícola (PREQB, 2004).

Su presencia debe ser controlada en el agua potable fundamentalmente porque niveles excesivos pueden provocar metahemoglobina, o “la enfermedad de los bebés azules”. Aunque los niveles de nitratos que afectan a los bebés no son peligrosos para niños mayores y adultos, si indican la posible presencia de otros contaminantes más peligrosos procedentes de las residencias o de la agricultura, tales como bacterias o pesticidas (MAMANI, 2012; PREQB, 2004).

1.8.3. Fosfato total

El fosfato total es una medida de todas las formas de fosfatos existentes, ya sean disueltas o en partículas que incluye distintos compuestos como diversos ortofosfatos, polifosfatos y fosforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se obtienen por análisis químico. Por otro lado, el fosforo es un nutriente requerido por todos los organismos generalmente fotosintéticos para sus procesos básicos de vida, contribuyendo a la eutrofización de lagos, ríos y pozos. Es un elemento natural que puede estar en rocas y en materia orgánica. Es utilizado extensivamente en fertilizantes y en otros químicos, por lo que puede ser hallado con concentraciones altas en áreas de actividad humana. Su exceso en el agua puede provocar eutrofización. Fosforo puede existir en el agua como fase particulada o como una fase disuelta.

El material particulado puede incluir el plancton vivo y muerto, precipitados de fosforo, fosforo absorbido a partículas y fosforo amorfo. La fase disuelta incluye fosforo inorgánico y fosforo orgánico. Fosforo en las aguas naturales, normalmente se encuentra en forma de fosfato (PO_4).

1.8.4. Turbidez

Puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos. La turbiedad es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones, la estética, la filtrabilidad y la desinfección. El límite máximo recomendado por la OMS para el agua potable es de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez), el cual tiene un alto índice de dispersión sobre todo en algunos de los países centro y sur americanos. Por encima del límite recomendado por la guía de la OMS se encuentran 10 % de los países, conformado por Guatemala con 15 UNT y República Dominicana con 10 UNT. Por debajo del límite de la OMS se encuentra el 15 % conformado por Argentina con 3 UNT y Brasil y Panamá con 1 UNT. Finalmente, y acogiendo la recomendación de las guías de la OMS se encuentra el 75 % demostrando gran acogida de las respectivas normas nacionales, en la apariencia del agua que las diferentes legislaciones buscan proporcionar a los consumidores.

Para evaluar la calidad de agua se debe tomar en cuenta la turbidez, la misma es una característica física que causa la interrupción de la luz por las partículas presentes, normalmente materia suspendida o impurezas que interfieran con la claridad del agua (EPA, 1999). Las aguas negras y las escorrentías son conocidas como fuentes típicas de turbidez. Se establece como valor recomendado para turbidez 1 UNT y para valor máximo admisible 5 UNT.

1.8.5. Oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto es la cantidad presente en el agua y que es esencial para los ríos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuan contaminada está el agua y de cuanto sustento puede dar esa agua a la vida animal y vegetal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica una mejor calidad de agua. Si los niveles son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (PREQB, 2004).

Gran parte del oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire, del producto de la fotosíntesis de las plantas acuáticas y también podría resultar

de la turbulencia en las corrientes debido a que el oxígeno en el aire que queda atrapado bajo el agua en movimiento rápido se disuelve en esta.

Otro factor que, además, puede afectar la cantidad de oxígeno que se disuelve en el agua es la temperatura. El agua fría guarda más oxígeno que la caliente.

El oxígeno disuelto en el agua no se clasifica como un contaminante, sin embargo, su escasez o exceso puede traer condiciones no favorables al agua, por lo que es un indicador de la contaminación. La escasez del oxígeno disuelto en el agua es lo que crea más problemas ya que pueden aumentar los olores y sabores como consecuencia de la descomposición anaeróbica. El estándar de calidad de agua para oxígeno disuelto, según el ICA, es no menos de 5 mg/L (PREQB, 2004). Tomando en cuenta una temperatura estándar de 20°C, el porcentaje de saturación corresponde a 5 mg/L de oxígeno disuelto es de $(5/9.17) * 100 = 54.33 \%$.

1.8.6. Demanda bioquímica de oxígeno

Es el parámetro que se maneja para tener una medida de la materia orgánica biodegradable. La demanda bioquímica de oxígeno es una prueba usada en la determinación del requerimiento de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y residuales. Su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores (DAVIS Y CORNWELL, 1998).

Representa una medida cuantitativa de la contaminación del agua por materia orgánica. Es afectada por la temperatura del medio, por las clases de microorganismo y por la cantidad y el tipo de elemento nutritivo presentes. Si estos factores son constantes, la velocidad de oxidación de la materia orgánica se puede expresar en términos del tiempo de vida media del elemento nutritivo. Según los estándares de calidad de agua de la ICA, el nivel permisible de la demanda bioquímica de oxígeno de fuentes de aguas será determinado, caso por caso, dependiendo de la capacidad asimilativa del cuerpo de agua receptor, tal determinación será efectuada para asegurar el cumplimiento con el estándar de oxígeno disuelto aplicable en el cuerpo de agua receptor (PREQB, 2004).

1.8.7. Sólidos Disueltos Totales

Desde el punto de vista ambiental, una sustancia puede existir en el agua en una de las siguientes formas: disuelta, suspendida o como coloide. Una sustancia disuelta es aquella que se encuentra dispersa homogéneamente en el líquido. Pueden ser simples átomos o compuestos moleculares complejos mayores de $1\mu\text{m}$ en tamaño. Las sustancias disueltas se hallan presentes en el líquido en una sola fase, por lo que no pueden ser removidas del líquido sin lograr un cambio de fase como la destilación, precipitación, adsorción o extracción (DAVIS y CORNWELL, 1998).

Los sólidos suspendidos son lo suficientemente grandes como para permanecer en suspensión o ser removidos por filtración. En este caso hay dos fases: la líquida y la de partículas sólidas suspendida. La escala de tamaño para los sólidos suspendidos varía entre $0.1\mu\text{m}$ hasta $1.0\mu\text{m}$. en general, se define a los sedimentos suspendidos como aquellos sólidos que pueden ser removidos por filtración (DAVIS y CORNWELL, 1998).

Las partículas coloides tienen un rango de tamaño que varía sustancias disueltas y sedimentos suspendidos (DAVIS y CORNWELL, 1998).

1.8.8. Microorganismos coliformes

Así también las bacterias representan la causa de varias enfermedades gastrointestinales en los seres humanos. La OPS (1988) menciona que diversas enfermedades causadas por estos microorganismos son transmitidas dentro de los miembros de una misma especie, sin embargo, existen bacterias que pueden pasar esta frontera biológica, por ejemplo, a través de las heces de los animales. Entre estas bacterias una de las más conocidas es *Escherichia coli*. Esta particularidad le brinda una alta movilidad, impactando la salud de los seres humanos expuestos al agua contaminada con estiércol (OPS, 1988).

De acuerdo a los estándares peruanos el abastecimiento con agua no entubada tiene un valor recomendado de 0 UFC 100 ml^{-1} y un máximo admisible de 10 UFC 100 ml^{-1} para coliformes termotolerantes o fecales (OPS, 1988)

1.9. Antecedentes sobre el uso de índices de calidad del agua

Para las evaluaciones de calidad de agua diferentes organizaciones de varias naciones involucradas en el control del recurso hídrico, han usado históricamente y de manera regular, índices fisicoquímicos. Sin embargo, mientras que los índices de calidad de agua aparecen en la literatura a principios de 1965, la ciencia del desarrollo de los índices de calidad de agua no madura hasta los 70s. Esto pudo deberse en parte a que no fueron ampliamente utilizados y aceptados por las diferentes agencias de monitoreo de la calidad acuática.

El índice general de calidad de agua fue desarrollado por Brown *et al.* (1970) y mejorado por Deininger para la Academia Nacional de ciencias de los Estudios Unidos en 1975 (NAS, 1975). De acuerdo con un estudio de las NAS (1975), el Departamento Escoces para el desarrollo (SSD), en colaboración con instituciones regionales para la preservación de la calidad del río, The Solway Pufication Borde y la Tweed Purification, llevaron a cabo extensas investigaciones para evaluar la calidad del agua en ríos de Escocia.

En 1978, OTT presentó una discusión detallada sobre la teoría de índices ambientales y su desarrollo como también una revisión sobre los índices de la época (OTT, 1978a). Según CUDE (2001), desde 1978 hasta 1994, revisiones de literatura de los índices de calidad de agua desarrollados desde su introducción, han revelado enfoques nuevos y han proporcionado nuevas herramientas para el desarrollo de los índices.

Solo hasta 1980, el Departamento de Calidad Ambiental de Oregón, desarrollo su propio índice a partir del NSF, sin embargo, su aplicación fue discontinua dada la dificultad de su cálculo en computadores de primera generación.

Entre 1995 y 1996 se desarrollaron, entre otros, los siguientes avances: la estrategia de evaluación de la Florida (The Strategic Assessment of Florida's Environment –SAFE) que formulo un índice en 1995. El índice de British Columbia (BCWQI) desarrollado en 1996 y El Programa de Mejoramiento de la cuenca baja de (WEP, 1996) que desarrollo un índice en 1996. En este último año, un estudio por HELMOND y BREUKEL, demostró que por lo menos 30 índices de calidad de agua son de uso común alrededor del mundo, y consideran un número de variables que van

de 3 a 72. Prácticamente todos estos índices incluyen por lo menos 3 de los siguientes parámetros: O₂, DBO y/o DQO, NH₄-N, PO₄-P, NO₃-N, pH y sólidos totales.

Indagaciones realizadas virtualmente, muestran que para la fecha el índice NSF es aún utilizado, especialmente como herramienta en estrategias pedagógicas en escuelas, colegios y preparatorias de Estados Unidos, como lo hace la universidad estatal de Cleveland, Ohio, quien tiene un sitio especial donde se explica y promueva el uso del NSF. Otros ejemplos de esto son: el Iowa Rivers Project, las escuelas de Nebraska en la cascada y la escuela Superior de Idaho con su “Advanced Biology Class”. Existe inclusive un manual conocido como “Field Manual for Water Quality Monitoring: An Environmental Education Program don Schools”

Para el caso latinoamericano, en México se han desarrollado diversos índices de Calidad de Agua a medida que la normatividad se ha desarrollado. Dentro de los índices generales de común utilización se encuentran, los de Horton, Brown, Prati, Mcduffi, Diniuis y el INDIC-SEDUE. En los de usos específicos están los de O`connors (pesca, vida silvestre y abastecimiento público), Walski (Recreacional), Stoner (abastecimiento público e irrigación) y el de Nemerow y Sumitomo (contacto humano directo, indirecto y remoto). (**Montoya, 1997**)

En el 2002, diferentes entidades que conforman el sistema de información ambiental colombiano, incursionaron sobre la base de los desarrollos de RAMIREZ y VIÑA (1998) y otros autores en el diseño de 14 indicadores ambientales, de los cuales 3 corresponden a la oferta hídrica, 2 a la sostenibilidad del recurso, 6 a la calidad del agua dulce y 3 ICAs adicionales para las aguas marinas y costeras. Algunos de estos indicadores, especialmente los de calidad del agua, apenas se dejan planteados en consideración a la poca densidad de puntos de colección de datos y su falta de sistematización y estandarización A pesar de los desarrollos en el ámbito mundial y local en cuanto al desarrollo de ICAs-ICOs, en la actualidad se hace necesario dentro del marco de la valoración y manejo del agua, desarrollar sistemas integrados de evaluación del recurso hídrico y no solo de formulaciones separadas. (**IDEAM. 2002**).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Materiales de campo

- Guantes
- Botas
- Envases de vidrio
- Libreta de campo
- Etiquetas

2.1.2. Materiales de laboratorio

- Matraz Erlenmeyer
- Tubos de ensayo
- Gradillas para tubos de ensayos
- Pipetas
- Mechero

2.1.3. Insumos

- Agua destilada
- Test kit para nitratos NO₃-N (0 a 50 mg/L) 100 test (HANNA/ HI 3874).
- Test kit P/ fosfatos Test Kit Fosfato PO₄ (HANNA/HI 3833).

2.1.4. Equipos

- GPS Garmin
- Multiparámetro portátil Thermo, modelo Orion 4Star.
- Turbidímetro PCE-TUM 20

2.2. Métodos

2.2.1. Identificación y reconocimiento de la zona de estudio

Se realizó la descripción y georreferenciación de la zona de estudio de la quebraba Juninguillo.

2.2.2. Determinación de puntos de muestreo para evaluar la calidad del agua

Se establecieron dos puntos de recolección de muestras de agua en la quebrada Juninguillo, tomando en cuenta la parte alta (Punto 1) y la parte intermedia (punto 2); ambos puntos fueron seleccionados debido a su ubicación estratégica como potencial de una captación de agua para un aprovechamiento para consumo humano.

Los puntos fueron georreferenciados con el uso de GPS, dando como localización lo siguiente:

Tabla 3

Distribución de puntos de muestreo.

PUNTO	DESCRIPCION	COORDENADAS UTM WGS 84		ALTITUD (msnm)
		NORTE	ESTE	
1	Parte alta de la microcuenca Juninguillo	9335446	291000	1087
2	Parte intermedia de la quebrada Juninguillo	9333934	289939	928

2.2.3. Toma de muestras de agua

La toma de muestras se realizó de acuerdo al APHA (1999) que consistió en el uso de frasco de vidrio esterilizados de boca ancha con tapa capacidad de 1 L. debidamente limpias y rotuladas. Para la recolección de las muestras, el recipiente se enjuagó con agua de la misma fuente y seguidamente se sumergió en forma inclinada en un ángulo de 30° y a una altura 20 cm de profundidad, dirigiendo la boca del frasco en sentido contrario a la corriente natural. Luego, se etiquetó y acondicionó adecuadamente para su traslado al laboratorio de la empresa ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL. Se utilizó la técnica de muestreo sistemático cumpliendo los criterios de identificación, accesibilidad y representatividad. En el muestreo se tomaron tres muestras correspondientes a los puntos 1= Parte Alta; 2 = Parte Media en horarios de 11:00 am y 3:00 pm, con una evaluación mensual durante el

año 2013 y evaluaciones en los meses de Enero, Julio y Diciembre los años 2014,2015 y 2016.

2.2.4. Acondicionamiento y transporte de la muestra

Las muestras recolectadas fueron conservadas a temperatura de 4 C°, en cajas térmicas (Coolers) y luego transportadas al laboratorio para sus análisis dentro de las 24 horas.

2.2.5. Medición de parámetros indicadores:

La forma en la que se evaluó los parámetros fisicoquímicos fue mediante el uso directo de los equipos disponibles (potenciómetro, oxímetro, termómetro) y los parámetros microbiológicos como coliformes fecales se utilizando la técnica de tubos de fermentación múltiple, y para fosfatos y nitratos se analizarán en el laboratorio.

2.2.5.1. Determinación de la temperatura

Se realizó la medición *in situ* de la temperatura en la parte alta e intermedia de la microcuenca determinadas con el Termómetro digital AMARELL (-10 a +50 °C).

2.2.5.2. Determinación del oxígeno disuelto

Para determinar éste parámetro se utilizó el método de electrodo de membrana, in situ con el uso de un Oxímetro LaMotte (0 a 20 mg/l).

2.2.5.3. Determinación del pH

La medición del pH se realizó *in situ* con el equipo Multiparámetro portátil Thermo, modelo Orion 4 star (rango de 0 a 14).

2.2.5.4. Determinación de la DBO5

Se determinó utilizando el oxímetro de membrana HANNA modelo HI 9146, para medir tanto el OD inicial (OD) de las muestras y posteriormente a una incubación a temperatura ambiente (20-26 °C) por cinco días se midió el OD final (ODf) para obtener el DBO5 expresado en mg/L aplicando la formula siguiente:

$$\text{DBO5} = (\text{OD inicial} - \text{OD final})$$

2.2.5.5. Determinación de nitratos en el agua

Se determinó utilizando el kit de prueba de nitrato HANNA HI 3874 (APHAWA, 1999), siguiendo el siguiente proceso:

- Se llenó la cubeta de cristal con 10ml de la muestra.
- Se añadió 1 sobrecito de reactivo HI 3874-0.
- Se volvió a colocar la tapa y se agito vigorosamente durante 1 minuto.
- Se esperó 4 minutos a que el color se desarrolle.

- Se retiró la tapa y se llenó el recipiente comparador de color con 5ml de la muestra tratada. Se determinó que color se empareja con la solución en el visor y se registró el resultado.
- No se cuantificó el Nitrógeno Amoniacal debido a que los puntos estudiados de la quebrada tienen una escasa carga orgánica.

2.2.5.6. Determinación de fosfato en el agua

Se determinó utilizando el kit de prueba de fosfato de HANNA HI 3833 (APHWA, 1999), siguiendo el proceso que a continuación se indica:

- Como el Fósforo en las aguas naturales normalmente se encuentra en la forma de fosfatos (PO_4).
- Se retiró la tapa del vaso de plástico, se enjuago el vaso de plástico con la muestra de agua, se llenó hasta la marca de 10ml.
- Se añadió 1 paquete de reactivo HI 3833-0.
- Se colocó la tapa y se mezcló la solución hasta que los sólidos se disuelvan.
- Se quitó la tapa y se transfirió la solución al cubo comparador de color.
- Se dejó reposar durante 1 minuto.
- Se determinó que color se ajusta mejor a la solución en el vaso y se registró los resultados.

2.2.5.7. Determinación de los sólidos totales disueltos (STD)

La medición del STD se realizó con el equipo Multiparámetro portátil Thermo, modelo Orion 4 star.

2.2.5.8. Turbidez

La medición se utilizó un Turbidímetro PCE-TUM 20 es un medidor portátil con una gran pantalla que cumple todas las exigencias para medir la turbidez. El rango de medición del turbidímetro es de 0 a 1000 NTU está seccionado en dos rangos automáticos para aumentar la precisión.

2.2.5.9. Parámetros microbiológicos: número más probable de Coliformes fecales (coliformes termotolerantes)

Se utilizó la técnica del número más probable (NMP) con serie de tres tubos y en tres etapas, según el método 9221 de la APHA (1999).

2.2.6. Cálculo para la determinación del índice de calidad del agua de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (ICA-NSF)

En la determinación del ICA – NSF se consideraron 9 parámetros que a continuación se señalan:

- Coliformes fecales
- pH
- Oxígeno disuelto
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Nitratos
- Fosfatos
- Cambio de la temperatura
- Turbidez
- Sólidos disueltos totales

Se procesaron los datos obtenidos de las determinaciones fisicoquímicas y de los coliformes fecales haciendo interpolación de datos para cada parámetro y por cada punto de estudio.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Caracterización biofísica de la microcuenca Juninguillo

3.1.1.1. Ubicación geográfica y demarcación de la unidad hidrográfica

La microcuenca quebrada Juninguillo, se encuentra ubicada en la Zona de Protección y Conservación Ecológica (ZPCE) Juninguillo – Yanayacu, distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín.

El curso principal de la microcuenca de la quebrada Juninguillo tiene su descarga principal en el río Mayo, siendo este último parte de la unidad hidrográfica cuenca del río Mayo.

La microcuenca de la quebrada Juninguillo ha sido delimitada por el sistema de coordenadas geográficas WGS 84.

El punto máximo y mínimo de la microcuenca es:

Tabla 4

Cotas de la microcuenca Juninguillo, 2017

Coordenadas	Este	Norte	Cota
Punto Máximo	287698	9338251	1680
Punto Mínimo	287425	9331865	810

Fuente: Datos de campo

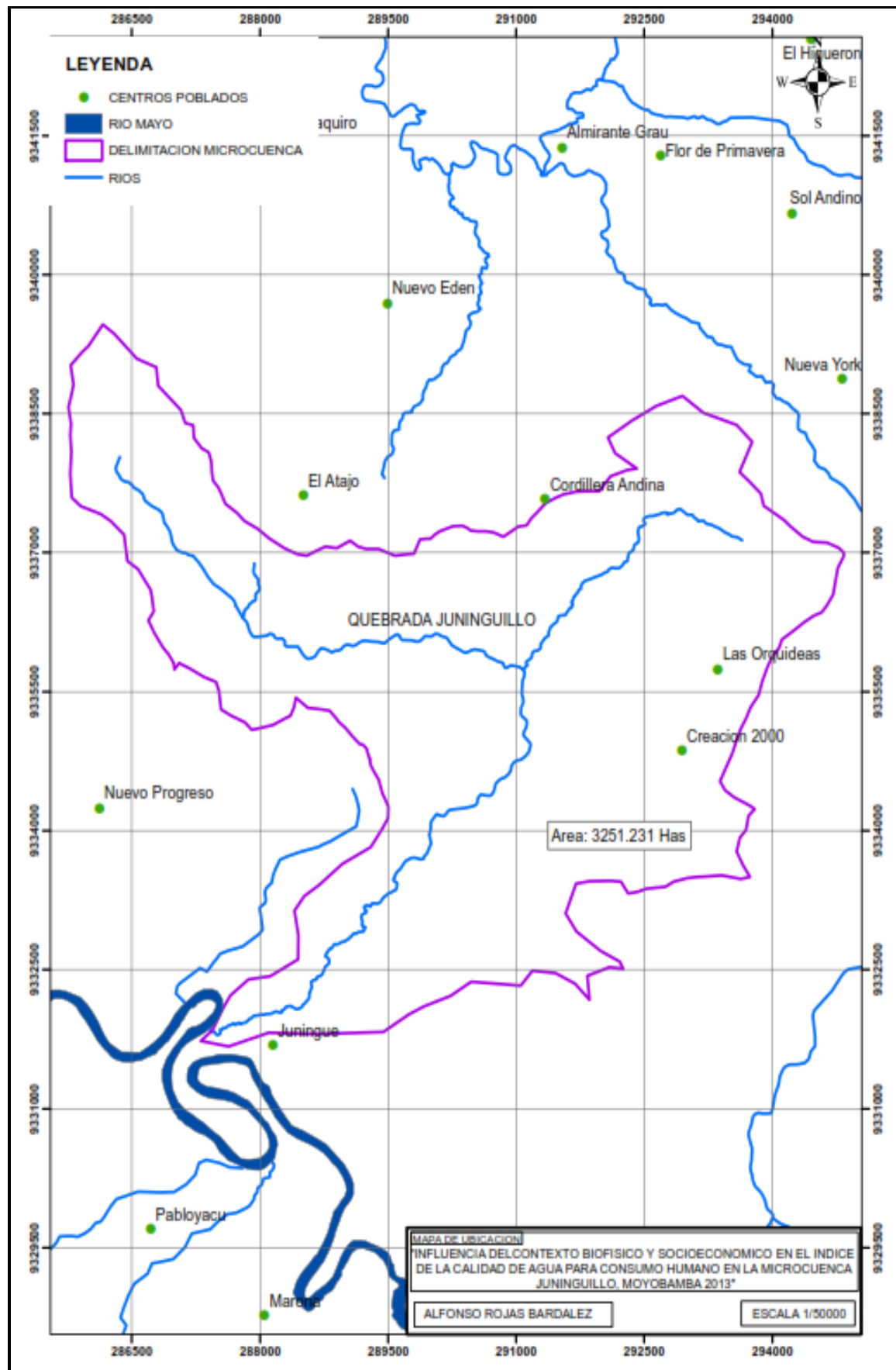


Figura 10: Delimitación de la microcuenca Juningullo

3.1.1.2. Extensión de la microcuenca

La microcuenca Juninguillo comprende un área aproximada de 3251.231 has.

3.1.1.3. Características morfológicas de la microcuenca Juninguillo.

a. Tamaño de la microcuenca:

Esta característica es una de las más importantes de la morfología de la microcuenca, indica el área drenada que cubre la misma haciendo una extensión aproximada de 3251.231 has. (32.51231 km²)

b. Perímetro, longitud y ancho de la microcuenca

Perímetro: Esta característica conjuntamente con el tamaño es una de las más importantes para definir la forma de la microcuenca, indica la longitud de la línea divisoria. La microcuenca Juninguillo tiene un perímetro de 37.574 km.

Longitud: La longitud es el trayecto horizontal medido a lo largo del cauce principal entre el punto de salida y el límite definido para la microcuenca. La longitud de la microcuenca Juninguillo es de 8895.1072 metros.

Ancho: El ancho es la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L).

$$W = A/L$$

$$W = 32512958.3994 \text{ m}^2 / 8895.1072 \text{ m}$$

El ancho de la microcuenca Juninguillo es de 3655.1508 m.

c. Forma de la microcuenca. La forma de la microcuenca es aquella que calcula la cantidad de escorrentía para una misma área y una misma intensidad de lluvia

Coefficiente de compacidad (Kc). Teoría propuesta por Gravelius, en donde se compara la forma de la cuenca con una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio.

Tabla 5*Formas de la cuenca hidrográfica*

Clase	Intervalo	Clase de forma
Kc1	1,00- 1,25	Casi redonda u oval redonda
Kc2	1,25-1.50	Oval oblonga
Kc3	1,50-1.75	Rectangular oblonga
Kc4	>1.75	Casi rectangular (Alargada)

Fuente: Urbina, Carlos, 1974

$$K = P/2\sqrt{\pi A}$$

$$K = 37.5574/2\sqrt{3.1416} * 32.51231$$

$$K = 1.8589$$

El coeficiente de compacidad de la microcuenca Juninguillo es 1.8589, como es mayor que 1.75, entonces la forma de la microcuenca es de acuerdo a la clasificación de Urbina es casi rectangular (Alargada).

d. Elevación de la microcuenca. En una cuenca hidrográfica la variación de altitudes incide directamente en la temperatura, por lo tanto afecta a sus microclimas y hábitats además es un criterio para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas. La microcuenca Juninguillo presenta una elevación que varía de 810 a 1680 msnm.

e. Pendiente de la microcuenca.

La pendiente de la microcuenca Juninguillo es de 9.83%, esta pendiente tiene relación con los diferentes procesos hidrológicos: infiltración, humedad del suelo, aguas subterráneas, escurrimiento superficial, además de los procesos de erosión.

f. Drenaje de la microcuenca.

La densidad del drenaje es la facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evacuar las aguas procedentes de las precipitaciones.

El sistema de drenaje de una cuenca se lo puede medir mediante el índice de densidad de drenaje (Dd), como se detalla a continuación:

$$Dd = L/A \text{ en km/km}^2$$

$$Dd = 8.895/32.515123 = 0.273$$

La densidad de la microcuenca Juninguillo es 0.273 km/km². Lo que indica que tiene suelos no resistentes a la erosión. Su red de drenaje es dentritico.

3.1.1.4. Características geológicas de la microcuenca Juninguillo

a. **Geología.** Según la ZEE, 2005, la geología de la zona está determinada por cuatro formaciones geológicas según lo siguiente:

- ✓ **Formación Chonta.** Definida por su carácter carbonatado por Morán, R. y Fyfe, D. (1933, cit. INGEMMET), en la isla de Chonta del río Pachitea, departamento de Huánuco. En este lugar describen calizas de color blanquecina a crema y margas. Kummel, B. (1948) en la región de Contamana, describe esta secuencia en lutitas gris oscura, limolitas y algunos niveles de calizas. En la zona de estudio se encuentran infrayaciendo en contacto normal a la Formación Vivian y suprayaciendo al grupo Oriente en contacto transicional.

Esta formación geológica ubicada en la parte superior derecha de la microcuenca está representado por una secuencia de lutitas y calizas que afloran en áreas restringidas. En la parte inferior, está compuesta principalmente por una intercalación de lutitas, margas y areniscas finas; en la parte media, está compuesto principalmente de calizas; y en la parte superior, lutitas.

Las lutitas de esta unidad litoestratigráfica son grises a gris oscuras, firmes, fisibles, algo calcáreas en las microfracturas, fosilíferas (equinoides, pelicipodos, cefalópodos). Se presentan en estratos gruesos con intercalaciones delgadas de calizas beige, masivas, duras y margosas, evidenciando gradaciones verticales entre estas. También se encuentran en la parte inferior secuencias de lutitas, las cuales se intercalan con niveles delgados de areniscas cuarzosas finas de tonalidad gris verdosas, glauconíticas, firmes a friables, con regular porosidad y permeabilidad.

El espesor de esta secuencia puede alcanzar en la zona hasta unos 800 m, en razón de que en el río Cahuapanas se midieron 710 m. y en la zona de Rodríguez de Mendoza se midieron 1200 m., lo que evidencia un aumento hacia el Oeste.

✓ **Depósitos Fluviales.** Se encuentran ubicados en las riberas y en el fondo de los ríos, constituidos principalmente por gravas gruesas y finas, con arenas inconsolidados, y limoarcillitas; en el área de estudio está distribuido en el río Mayo en donde confluye finalmente la quebrada Juninguillo.

✓ **Grupo oriente.** El nombre del Grupo Oriente fue dado por R. Fuentes (1972) a la secuencia inferior del Cretáceo constituido por areniscas cuarzosas y lutitas grises que sobreyacen a la formación Sarayaquillo en discordancia sub-paralela e infrayacen a la formación Chonta con un contacto transicional. Se distribuyen en toda la faja subandina y en el subsuelo amazónico.

Esta Formación está constituida principalmente por areniscas cuarzosas bandeados de tonalidad blanca a blanco rojizo. Los granos de cuarzo son medios a gruesos y tienen diversas tonalidades, así tenemos transparentes, lechosos y rosados. La forma de los granos varía de subangular a redondeados. La roca es muy friable, inconsolidada, con una matriz tufácea, blanca, sin cemento y con alta porosidad y permeabilidad. Se presentan en estratos gruesos masivos con estratificación cruzada e intercaladas con niveles delgados de lutitas limoníticas y tufáceas, de tonalidades grises, rojizas y amarillas (bandeadas); y con características de alta fisibilidad.

Las características litológicas y las relaciones estratigráficas indican que la Formación Cushabatay, o sea, las areniscas inferiores, son las que representan principalmente a este Grupo

En el área de estudio esta formación es la que mayor representa a nivel de la microcuenca.

- ✓ **Depósitos aluviales del preistoceno.** Consiste en depósitos aluviales y fluviales que ocurren a modo de un gran cono aluvional.

Su origen se produjo durante el Pleistoceno como resultado de los procesos de degradación, donde se manifestó una intensa erosión que acumuló depósitos de gravas gruesas.

Estos sedimentos también se encuentran formando la llanura plana, los depósitos de pie de monte (conos colinas, canales) y las depresiones amplias de las partes bajas de los ríos afluentes del río Mayo, que representan la continuación del medio lacustre pero más somero que el anterior, con mucha influencia del medio fluvial – coluvial, morfodinámico, etc.

Consiste de una secuencia de clastos finos a muy gruesos, heterométricos complejos tanto desde el punto de vista litológico y ambiente de sedimentación. Ello ha determinado una distribución estratigráfica muy variable y compleja.

En la margen izquierda del río Mayo y en el pie occidental de la Cordillera Cahuapanas, también se presenta una gradación de sedimentos arcillosos a conglomerados de gravas y bloques depositados en abanicos, que llegan a unirse formando “bajadas”, es decir superficies inclinadas hacia la llanura.

En las zonas de pie de monte, se encuentran colinas constituidas por depósitos mezclados de arcilla – arena – grava y bloques de arenisca cuarzosa sin selección, que se han acumulado rápidamente y luego han sido disectados fuertemente. GRSM, 2005.

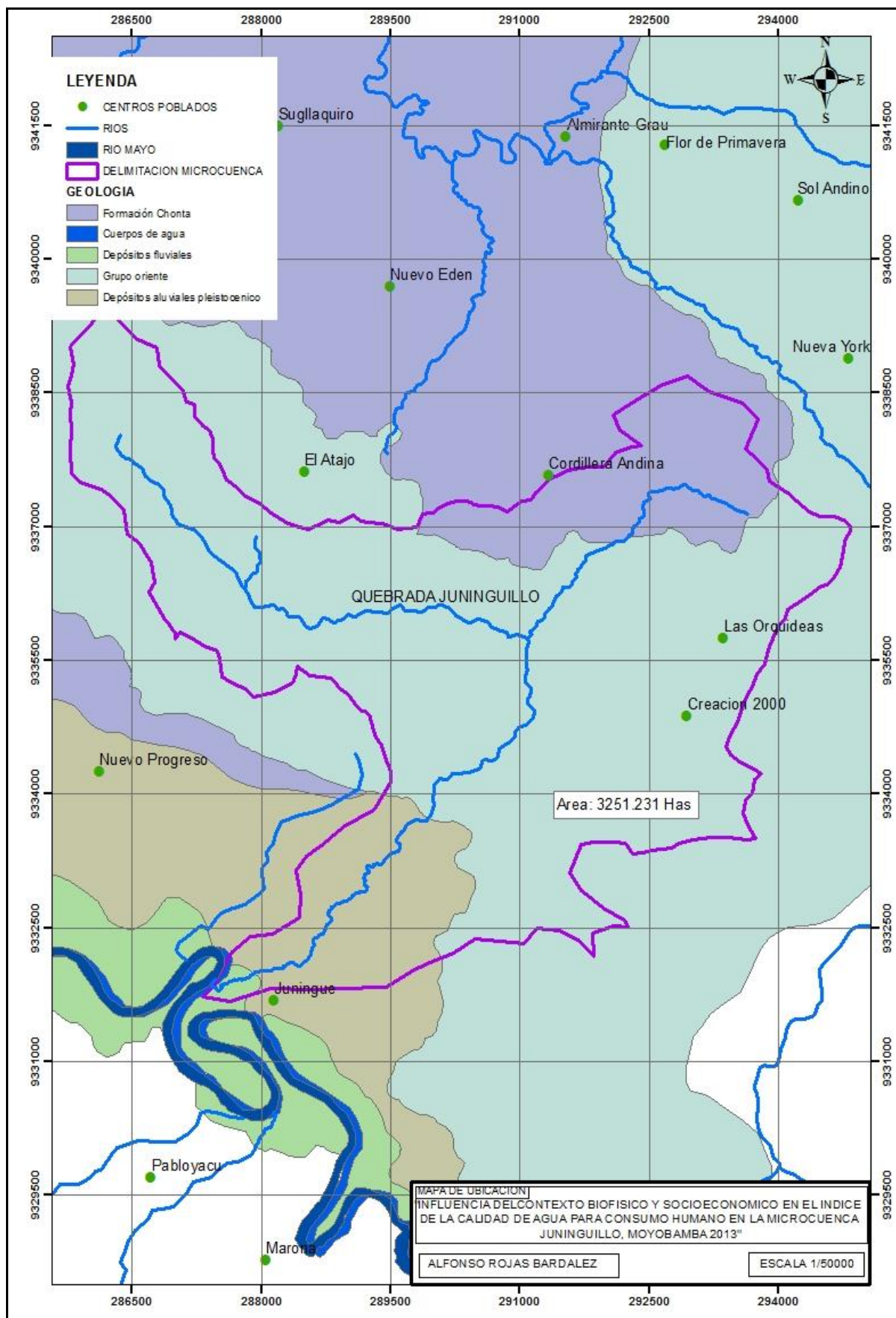


Figura 11: Mapa geológico de la microcuenca Juninguillo

b. Geomorfología. - Según la ZEE, 2005, la geomorfología de la zona está determinada por cuatro formaciones geomorfológicas según lo siguiente:

- ✓ **Valle de sedimentación fluvioaluvional.** Corresponden a relieves relativamente planas, los cuales se sitúan principalmente en las áreas inundables. En la región, los ríos Mayo y Tónchima constituyen los principales valles, en menor escala se encuentran los valles que son bañados por los ríos Yuracyacu, Gera, Naranjillo y otros ríos afluentes del Mayo.

Litológicamente están representadas por sedimentos recientes y subrecientes, pertenecientes a los depósitos aluviales del Pleistoceno superior y Holoceno, compuestos principalmente por arenitas, gravas, gravillas, cantos rodados y angulosos (conglomerados polimícticos) de diferente naturaleza. Estos materiales sedimentarios han sido acumuladas producto de la erosión de las formaciones antiguas, que se encuentran en las partes alto andinas.

Geomorfología ambiental: Estas zonas se caracterizan por tener inundaciones periódicas relacionadas a las épocas de lluvias. También, ocurren los procesos de erosión lateral, producidos por los ríos torrentosos como el Yuracyacu y Gera.

- ✓ **Planicie aluviofluvial.** La formación de estos relieves se debe principalmente a la acción de las grandes avenidas de sedimentos y fragmentos de rocas provenientes de las estribaciones andinas. Generalmente, presentan zonas relativamente planas y/o depresionadas formadas principalmente en el área que comprende la Cordillera Sub andina. Fisiográficamente, se clasifican como terrazas medias y bajas, las cuales se han originado por efectos de las acumulaciones efectuadas desde el Pleistoceno superior hasta el Holoceno. Los niveles de terrazas están asociados a la dinámica fluvial de los ríos que transportan los sedimentos andinos.

Se distribuyen adyacentes a los ríos Mayo y sus tributarios.

Litológicamente, está constituido por sedimentos pertenecientes a Depósitos Recientes y Subrecientes, conformado por niveles de arcillas,

arenitas y limolitas inconsolidadas. También presentan acumulaciones de gravas y cantos rodados, especialmente en los sectores de las nacientes de los ríos tributarios.

- ✓ **Montañas bajas estructurales denudacionales.** Son considerados relieves con desarrollos y evoluciones prolongadas, producidos por los diversos eventos tectónicos e intensos procesos erosivos.

Su constitución litológica es una de las más diversas, correspondientes a secuencias sedimentarias depositadas en ambientes marinos y transicional como el grupo oriente (cretáceo inferior) y la formación chonta (cretáceo medio), y en ambiente netamente continental como las formaciones sarayaquillo (jurásico superior), Yarahuango (paleógeno-paleoceno), Chambira (Paleógeno-oligoceno) e Ipururo (Paleógeno-paleoceno).

En estos relieves, los procesos mecánicos bioclimáticos permiten una aceleración en la fragmentación mecánica de masa rocosa, lo que origina el proceso de coluvionamiento. Otros procesos que ocurren está relacionada a la erosión que ocurre en estas áreas.

- ✓ **Montañas altas estructurales denudacionales.** Su representación litológica es una de las más variadas. Corresponden a sedimentos marinos y continentales de edades de formación que oscilan entre el jurásico y terciario superior pertenecientes a las formaciones Sarayaquillo (Jurásico superior), grupo oriente y formación chonta (cretácico). También alberga secuencias sedimentarias continentales (capas rojas clásticas) como las formaciones Yarahuango (paleógeno-paleoceno), Chambira (Paleógeno-oligoceno) e Iporuro del Neógeno- mioceno superior.

En estos relieves, los procesos mecánicos bioclimáticos permiten una aceleración en la fragmentación mecánica de masa rocosa, lo que origina el proceso de coluvionamiento. Además tenemos otros procesos geodinámicas relacionados con la disección y aportes de los sedimentos hacia las partes bajas (piedemonte, laderas, etc.). Asimismo, la erosión en los ríos encañonados hace de esta zona altamente frágil, debido a su alto índice de torrencialidad generando escarpes y paredes verticales provocando constantemente movimientos de remoción en masa.

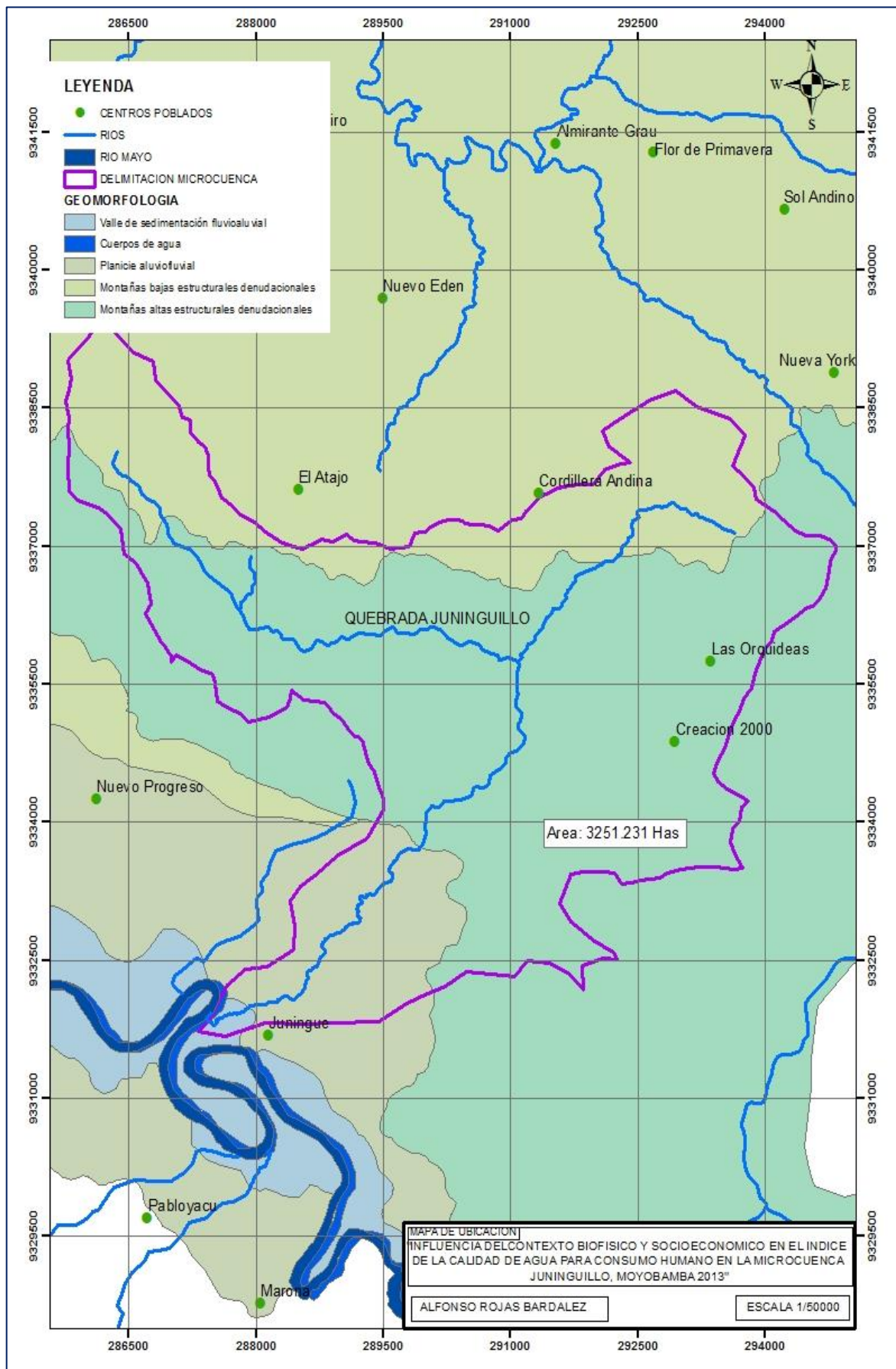


Figura 12: Mapa geomorfológico de la microcuenca Juningullo

c. **Fisiografía.-** Según la ZEE, 2005, la fisiografía de la zona está determinada por cuatro unidades fisiográficas según lo siguiente:

Tabla 6

Unidades fisiográficas identificadas en la microcuenca Juninguillo

PROVINCIA FISIOGRAFICA	UNIDAD CLIMATICA	GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUB PAISAJE
CORDILLER A ANDINA	Tierras cálido a templado 14,5° C – 25° C 500 - 4,000 mm, 500 a 3,500 msnm	Relieve Montañoso y Colinado (Cordillera Subandina)	Montañas altas	Laderas empinadas
		Relieve Plano-ondulada	Terrazas altas	Ligeras a moderadamente disectadas
		Llanura Aluvial (río Mayo y afluentes)	Terrazas bajas	Drenaje bueno a moderado

Fuente: ZEE, San Martín 2005

✓ **Tierras cálido a templado. Relieve montañoso y colinado, montañas altas de laderas empinadas.-**

Estas formas de tierras presentan relieve con pendientes que varían de 25 a 50 %. Los suelos son superficiales, también algunas de esta áreas son utilizadas con actividades agropecuarias

✓ **Tierras cálido a templado. Relieve montañoso y colinado, montañas bajas de laderas empinadas.-**

Está formado por elevaciones de terreno comprendidas entre 300 hasta 800 metros sobre el nivel de base local, ubicados a lo largo de la faja subandina. (Pendientes que varían de 25 a 50 %).

✓ **Tierras cálido a templado. Relieve plano –ondulada de terrazas altas de ligera a moderadamente disectadas.-**

Presenta relieve plano ondulado, con disecciones originado por pequeños cauces de agua.

✓ **Llanura aluvial, terraza baja de drenaje bueno a moderado. -**

Se ubican adyacentes al río Mayo y afluentes. Son áreas sujeta a inundaciones periódicas estacionales y están constituidas por sedimentos fluviales modernos, de textura predominantemente fina.

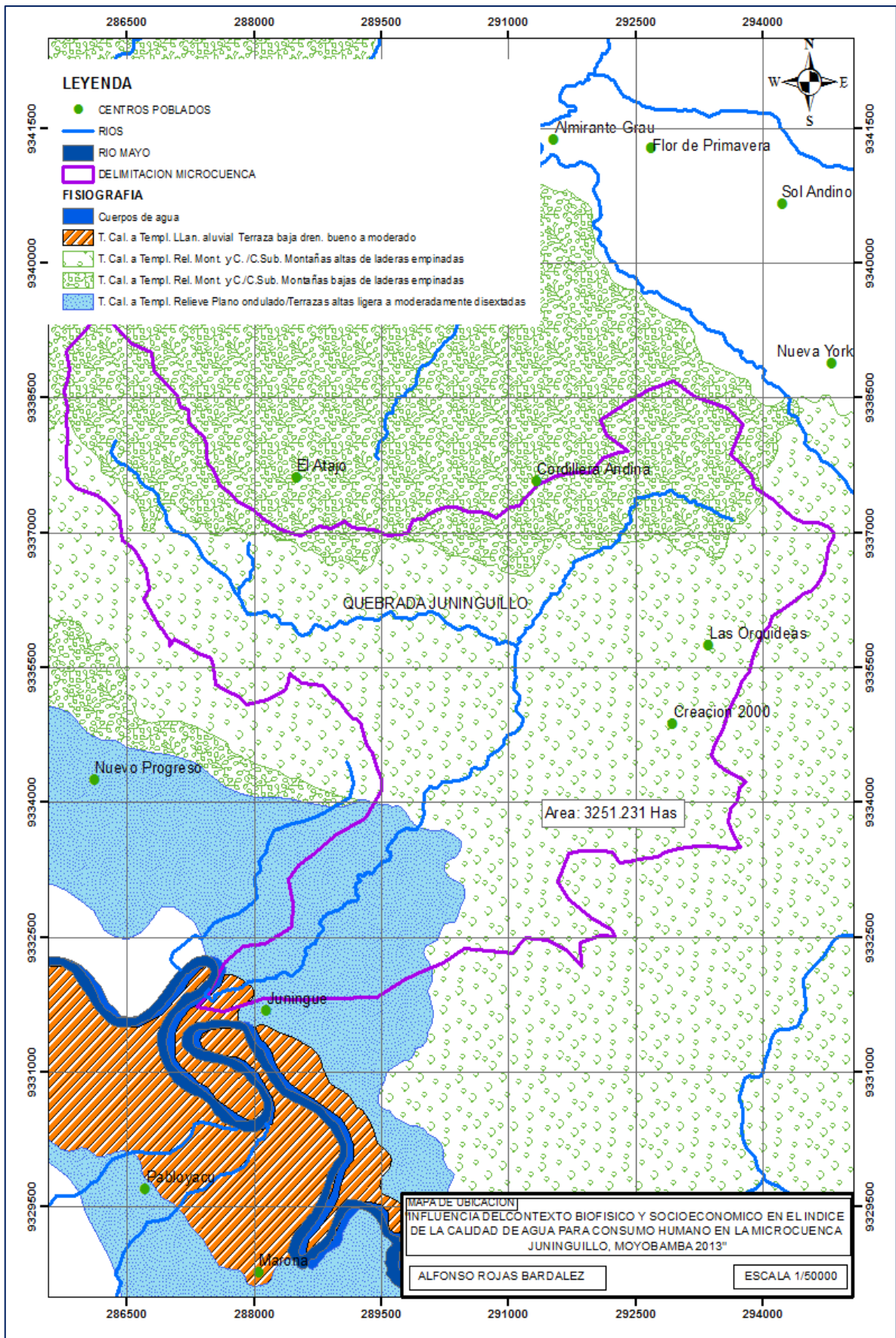


Figura 13: Mapa fisiográfico de la microcuenca Juninguillo

d. Suelo. Según la ZEE, 2005, el área de estudio está determinada por cinco unidades de suelo según lo siguiente:

✓ **Asociación Jerillo- Cordoncillo (60-40%).-**

Está conformada por los suelos de la serie Jerillo (60% de la asociación) y la serie Cordoncillo (40% restante). Se encuentran distribuidos en montañas bajas de laderas empinadas. La aptitud potencial de estos suelos es para protección asociados con producción forestal.

Serie Jerillo (Typic Udorthents)

Están constituidas con suelos de textura moderadamente gruesa a gruesa; que han sido originados a partir de materiales residuales de areniscas del Cretáceo.

Presentan perfiles sin desarrollo genético incipiente, con epipedón ócrico, sin horizonte subsuperficial de diagnóstico; profundos a moderadamente profundos, en estos casos limitados por un estrato de gravas y guijarros de arenisca, en una proporción mayor a 50% y en algunos casos limitados por el material parental; presentan un drenaje algo excesivo a excesivo; con matices pardo oscuro sobre pardo amarillento que grada a pardo amarillento claro; ocasionalmente presentan guijarros o piedras dentro del perfil, en una proporción de 5 – 10%, así como piedras o pedrejones sobre la superficie, en una proporción no mayor al 30 %.

Químicamente, presentan una reacción extremada a fuertemente ácida, una baja saturación de bases y una saturación de Aluminio cambiante de 20 a 70%. La capa superficial se caracteriza por presentar contenidos medios de materia orgánica, y bajos de Fósforo y Potasio disponibles, respectivamente. La fertilidad natural de los suelos es baja, siendo su limitación principal su profundidad efectiva, acidez, textura y su fertilidad. Sus limitaciones están relacionadas con el factor suelo (alta gravosidad, profundidad, elevada acidez, aluminio cambiante) y el factor topográfico, le asignan una aptitud de uso: para Cultivo Permanente, con riesgos de erosión, en pendientes mayores aptas para Producción Forestal, asimismo en pendientes muy abruptas, son Tierras de Protección.

Serie Cordoncillo (Typic Dystrudepts)

Están Constituidas con suelos originados a partir de materiales coluvio-aluviales subrecientes que descansan sobre materiales residuales de naturaleza arcillosa.

Presentan un perfil con desarrollo genético incipiente, tipo ABC; con epipedón ócrico, con horizonte subsuperficial de diagnóstico: cámbico; profundos a moderadamente profundos, limitados en este caso por la presencia de un material residual consolidado o por la presencia de un estrato masivo de materiales arcillosos; de matices pardo oscuro sobre pardo amarillento que gradúa sobre pardo fuerte; presentan un drenaje bueno a moderado; de textura moderadamente fina sobre fina, aunque algunos suelos pueden tener una textura media en los horizontes superficiales; ocasionalmente pueden presentar gravas o guijarros dentro y sobre el perfil, en una proporción de 5 – 10 %.

Químicamente, presentan una reacción extremada a fuertemente ácida; presentan una baja saturación de bases y con una saturación de Aluminio cambiante de 40 - 80%. La capa superficial se caracteriza por presentar contenidos medios de material orgánica, bajo en Fósforo y medio en Potasio disponibles, respectivamente. La fertilidad natural de los suelos es media, siendo su limitación principal su acidez, profundidad efectiva y su fertilidad.

Sus limitaciones están relacionadas con el factor suelo (gravosidad, profundidad, elevada acidez, aluminio cambiante) y el factor topográfico, le asignan una aptitud de uso: para Cultivo Permanente, con riesgos de erosión en zonas de pendientes suaves, en pendientes mayores aptas para Producción Forestal, asimismo en pendientes muy abruptas, con suelos moderadamente profundos son Tierras de Protección.

✓ **Nipón – Cordoncillo (60-40%).-**

Está conformada por los suelos de la serie Nipón I (60% de la asociación) y la serie Cordoncillo (40% restante). Se encuentran distribuidos en montañas bajas de laderas empinadas y montañas altas de laderas moderadamente empinadas. La aptitud potencial de estos suelos es para protección asociados con producción forestal.

✓ **Nipón I.**

Son suelos muy superficiales, derivados de materiales residuales ácidos (areniscas cuarzosas) buen drenaje, de textura gruesa masiva y friables. Luego cuando existe continua un horizontes C, escaso espesor mezclado con gravas y gravillas de diferente grado de descomposición.

De reacción extremadamente ácida (pH 4.5), alta saturación de aluminio y baja saturación de bases. Por sus limitaciones de pendiente y profundidad, la vocación de estos suelos está orientada, para fines exclusivos de protección.

De reacción fuertemente ácida a ligeramente ácida (pH 5.0 – 6.5), baja saturación de aluminio y baja saturación de bases. La fertilidad natural es de media a baja. Por sus limitaciones de pendiente y profundidad, la vocación de estos suelos está orientada, para fines exclusivos de protección.

✓ **Cerro Amarillo**

Constituida por suelos de matices pardo oscuro sobre pardo amarillento que grada a Amarillo pardusco; originados a partir de materiales residuales finos del Terciario.

Presentan un perfil con desarrollo genético incipiente, tipo ABC; con epipedón ócrico, con horizonte subsuperficial de diagnóstico: cámbico; profundos a moderadamente profundos, limitados en algunos casos por la presencia de un estrato masivo de materiales arcillosos; presentan un drenaje bueno; de textura moderadamente fina a fina, eventualmente más gruesa en la parte superficial; ocasionalmente pueden presentar gravas de arenisca dentro del perfil, en una proporción no mayor del 5%.

Químicamente, una reacción muy fuerte a fuertemente ácida, que grada con la profundidad a condiciones más ácidas; presentan una baja saturación de bases y con presencia de Aluminio cambiante de 20 a 50%. La capa superficial se caracteriza por presentar contenidos medios de materia orgánica y bajos de Fósforo disponible y Potasio disponibles respectivamente. La fertilidad natural de los suelos es baja, siendo su limitación principal su acidez y profundidad.

Su limitación principal está relacionada con el factor suelo (Aluminio cambiante) y el topográfico, su aptitud de uso: para cultivos permanentes en pendientes menos abruptas con riesgos de erosión, además en pendientes mayores son aptas para Producción Forestal.

✓ **Alto Mayo- Rumi Bajo (70-30%)**

Está conformada gran parte por los suelos de la serie Alto Mayo (70% de la asociación) y la serie Rumi Bajo (30% restante). Se encuentran distribuidos en terrazas bajas, de relieve plano, con pendientes dominantes de 0 a 5 %, periódicamente inundables a lo largo del río Mayo.

Serie Alto Mayo (Typic Udifluvents)

Está conformada por suelos originados a partir de materiales fluviónicos recientes, depositados por las aguas del río Mayo y de algunos de sus afluentes. Ubicados en terrazas bajas, planas (0 a 5%), profundos; sin desarrollo genético, poco evolucionados, de color pardo a pardo rojizo oscuro; de textura media (franca).

Son de reacción ligeramente ácida a ligeramente alcalina (pH 6.1 – 7.5); alto contenido de materia orgánica en la capa superficial; bajo contenido de fósforo y alto de potasio; la capacidad de intercambio catiónico varía entre 20 a 30 me/100 gr. de suelo y su fertilidad natural es media. Estos suelos son moderadamente bien drenados. Son aptos para cultivos en limpio con limitación por las inundaciones.

Serie Rumi Bajo (Typic Epiaquepts)

Está conformada por suelos originados a partir de materiales aluviales, con perfil tipo A(B)C, limitados por la presencia de una napa freática superficial. Ubicados en terrazas bajas adyacentes al río Mayo, principalmente de relieve plano a ligeramente cóncavo. Poco profundos, de color pardo rojizo oscuro, con un horizonte C de colores grises claros a oscuro, de textura fina (arcilla).

Son de reacción ligeramente ácida (pH 6.1 – 6.5); contenido medio de materia orgánica; contenido medio de fósforo y potasio; la capacidad de intercambio catiónico fluctúa alrededor de 30 me/100 gr. de suelo y su fertilidad natural es baja. De drenaje imperfecto a pobre. Son aptos para cultivos en limpio, orientado principalmente al cultivo de arroz.

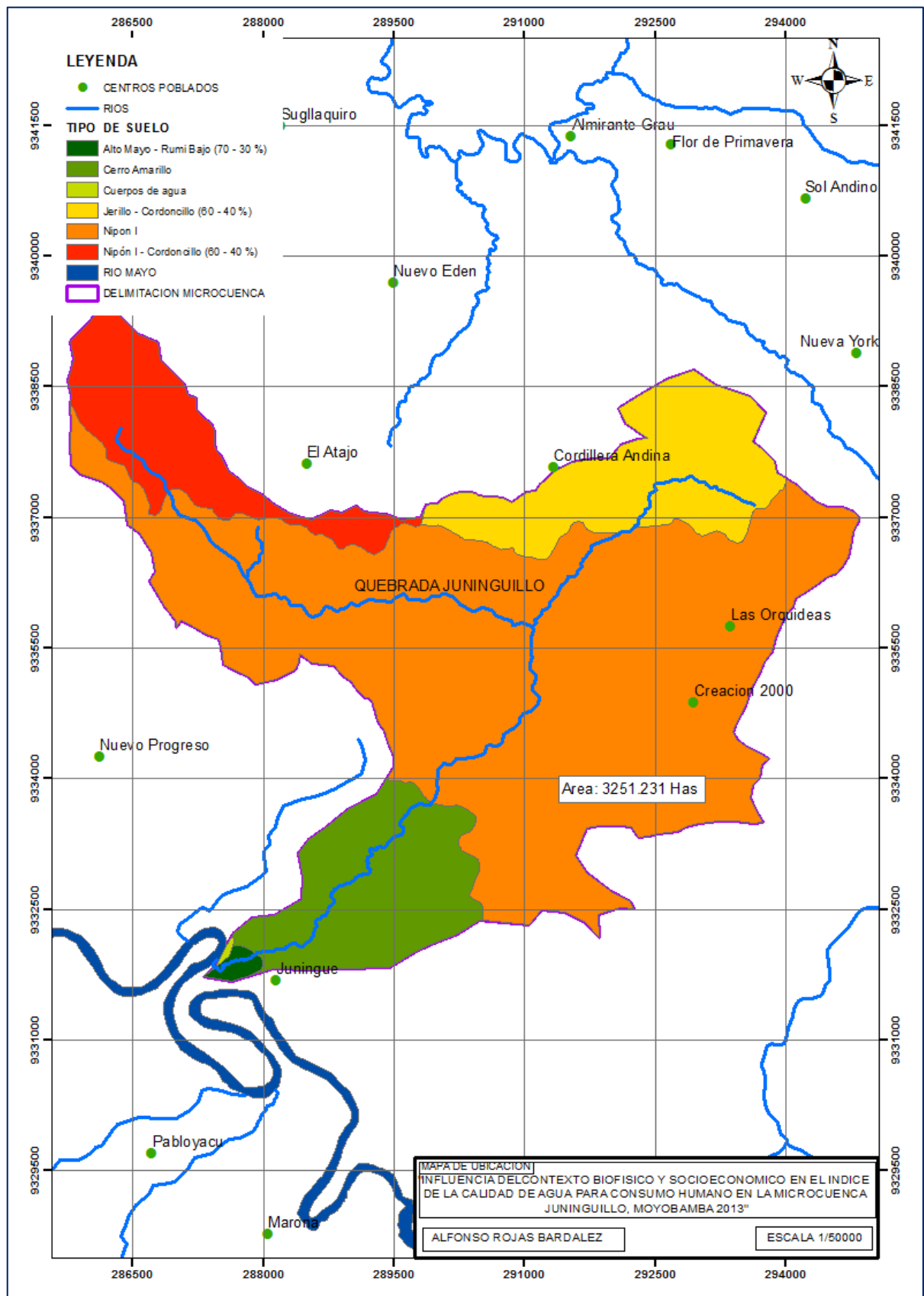


Figura 14: Mapa de suelos de la microcuenca Juningullo

3.1.1.5. Características biológicas de la microcuenca Juninguillo

Flora Silvestre.

El área en estudio se encuentra influenciado por las características típicas de la selva, con vegetación natural a pesar de la severa intervención humana. Se pueden apreciar superficies boscosas, denominados como bosques primarios, bosques que pueden o no haber sufrido una extracción selectiva de madera, de las especies siguientes: "Lagarto Caspi o Alfaro" (*Calophyllum brasiliense*) "lupuna" (*Chorisia sp*), "moena" (*Fam. Lauraceae*), "shimbillo" (*Inga sp*), "shiringa" (*Hevea sp*), "cetico" (*Cecropia sp*), "ojé" (*Ficus insipida*), "cedro" (*Cedrela odorata*), "catahua" (*Hura crepitans*), etc. El sistema de explotación al que son sometidos estos bosques es indiscriminado, en muchos casos se está llegando a una exterminación progresiva de las especies maderables más valiosas.

Pero encontramos una gran cantidad de especies maderables no identificadas con nombres comunes, cuya abundancia es importante si las consideramos desde diámetros mayores o iguales a 20 centímetros, las mismas que pueden ser más estudiados. Entre los productos diferentes a la madera tenemos: Palmeras del tipo Sinamillo, Sinami, Pona (*Cuña curoto*), látex, lianas, Semillas, plantas medicinales.

Fauna silvestre.

La fauna silvestre, se encuentra relegada a lugares más apartados de las áreas intervenidas, solo se puede apreciar huellas de hábitos alimenticios de animales menores como: Conejos, ardillas, Carachupa, Añuje, entre otros.

Entre la fauna del suelo, podemos encontrar curuhuinsi" (*Atta cephalotes*), "sitaracuy" y "isulas" así como los coleópteros, planarias terrestres, lombrices (*Fam. Glossoscolecidae*), miriápodos, quilópodos, escorpiones, ácaros, arañas, moluscos, entre otros.

Entre la fauna de los estratos altos se pueden mencionar a las mariposas como *Caligo spp.* y *Morpho spp.*, odonatos, comejenes (Isoptera), hormigas

(*Formicidae*) como las "tangaranas", abejas (*Meliponinae*) y cigarras (*Homoptera*) construyen sus nidos en estos estratos. Las aves típicas de este estrato son las trepadoras (*Dendrocolaptidae*), los pájaros hormigueros (*Formicariidae*), los carpinteros (*Picidae*) y los picaflores (*Trochilidae*).

3.1.1.6. Características socioeconómicas de la microcuenca Juninguillo

Población.

Los habitantes residentes del ámbito de influencia directa del área aledaña a la microcuenca tenemos:

Tabla 7

Población en el área de influencia de la microcuenca Juninguillo

	Descripción	Habitantes
Población Rural	Cordillera Andina	990
	Creación 2000	378
	Nuevo Progreso	500
	Metoyaco	150
Población urbana	Moyobamba	42690
	TOTAL	44620

Fuente: Municipalidad Provincial de Moyobamba, 2016

Actividades principales.

En la zona de estudio, la población se dedica mayormente a la agricultura como cultivo de café, maíz, plátano, arroz, papaya y cultivo de pan llevar, ganadería, extracción de madera de manera informal y tráfico de tierras, cuyas actividades constituyen el sustento económico de las familias y en pequeña escala se dedican al comercio y servicios. En cuanto al destino de producción de cultivos agrícolas como el café un gran porcentaje de la población está afiliada a comités organizados de comercialización directa y el resto es para su consumo. Así mismo el 90% de la población asentada en el área de influencia desarrolla actividades agrícolas empíricamente, logrando bajos índices de producción el cual no les permite ser competitivos ante los demás mercados.

Servicios de Salud:

Los pobladores asentados en el Área de estudio, cuentan con centros de atención de salud, en el Centro Poblado Cordillera Andina cuenta con una Posta Médica, así mismo el Centro Poblado Creación 2000 cuenta con un promotor de salud a cargo del Botiquín Comunal.

Educación:

En el ámbito de estudio, cuentan con el servicio de educación en los niveles de inicial, primario y secundario; del total de estudiantes en la zona, el nivel primario supera la lista con mayor porcentaje con un 58%, seguido del nivel secundario, con el 12 % y 10% del nivel inicial.

Vivienda:

El material que predomina en la construcción de las viviendas de la población asentada en el área de estudio: el 75% es de quincha mejorada, 20 % madera y techos de hojas de palmera, en menor escala de material noble con cobertura de calamina; los pisos son de cemento o tierra apisonada.

El combustible principal que utilizan para cocinar sus alimentos en la leña, utilizada en cocinas tradicionales con desperdicio significativo del poder calorífico de la leña.

3.1.2. Caracterización de la calidad del agua en la quebrada Juninguillo

Tabla 8

Datos del punto de muestreo 1, según concentración de DBO₅ (mg/l).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
DBO ₅ (mg/l)	2.82	2.77	2.63	2.9

Fuente: Datos de campo

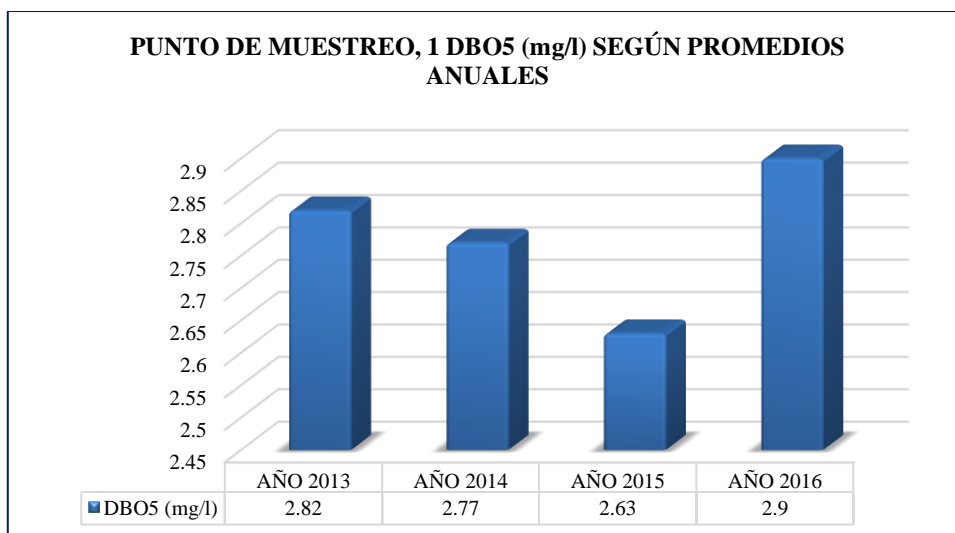


Figura 15: Concentración de DBO₅ (mg/l), según promedios anuales.

Interpretación:

De la tabla 8 y grafico 10, se observa que la mayor concentración de DBO₅ (mg/l) se dá en el año 2016 con un valor de 2.9, seguido del año 2013 con un valor de 2.82, y con menor concentración en el año 2015, con 2.63 mg/l respectivamente.

Tabla 9

Datos del punto de muestreo 1, según concentración del Oxígeno Disuelto (% Saturación).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	86.92	88	84.67	89

Fuente: Datos de campo

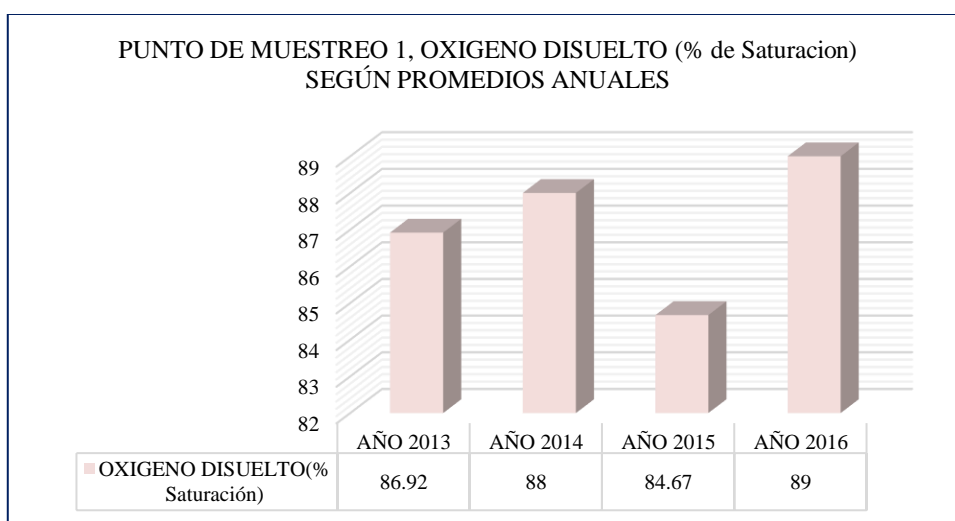


Figura 16: Concentración de Oxígeno Disuelto (% Saturación), según Promedios anuales

Interpretación:

De la tabla 9 y grafico 11, se observa que la mayor concentración de Oxígeno Disuelto (mg/l) se presenta en el año 2016 con un valor de 89, y con menor concentración en el año 2015, con 84.67 mg/l respectivamente.

Tabla 10

Datos del punto de muestreo 1, según concentración de Coliformes Fecales (NMP/100 ml)

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	16.5	15.33	14.67	16.67

Fuente: Datos de campo

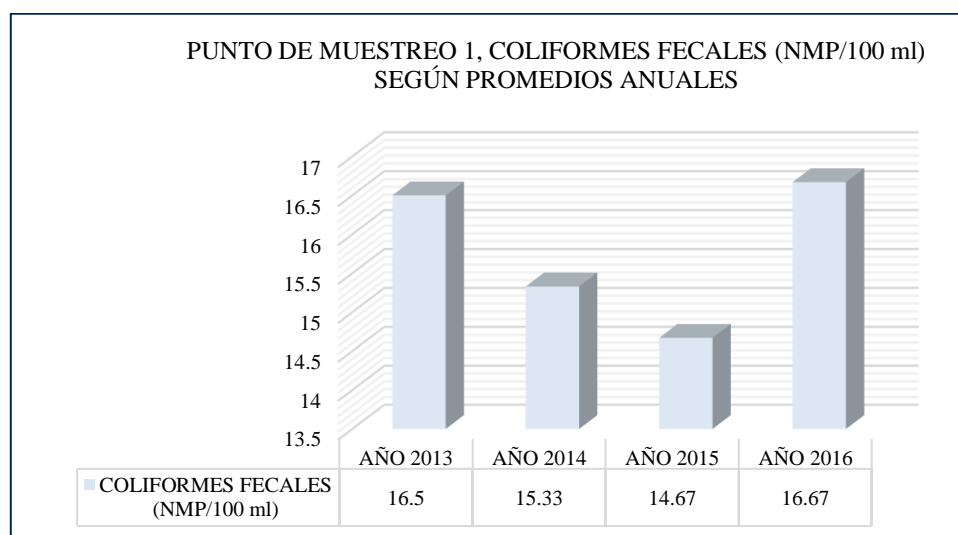


Figura 17: Concentración de Coliformes Fecales (NMP/100 ml), según Promedios Anuales.

Interpretación:

De la tabla 10 y grafico 12, se observa que la mayor concentración de Coliformes Fecales (NMP/100 ml) se presenta en el año 2016 con un valor de 16.67 NMP/100 ml,

Tabla 11

Datos del punto de muestreo 1, según concentración de Fosfatos (mg/l).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Fosfatos (mg/l)	0.51	0.47	0.47	0.47

Fuente: Datos de campo

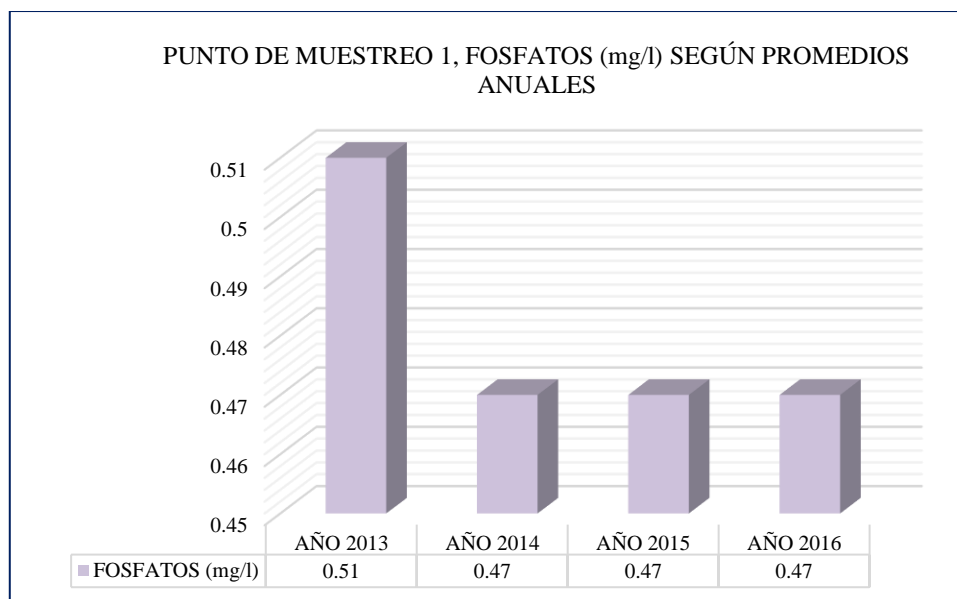


Figura 18: Concentración de Fosfatos (mg/l), según Promedios Anuales.

Interpretación:

De la tabla 11 y grafico 13, se observa que la mayor concentración de Fosfatos (mg/l) se presenta en el año 2013 con un valor de 0.51, y menor concentración en los años 2014, 2015 y 2016 con un mismo valor de 0.47 respectivamente.

Tabla 12

Datos del punto de muestreo 1, según concentración de Nitratos (mg/l).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Nitratos (mg/L)	0.55	0.47	0.53	0.43

Fuente: Datos de campo

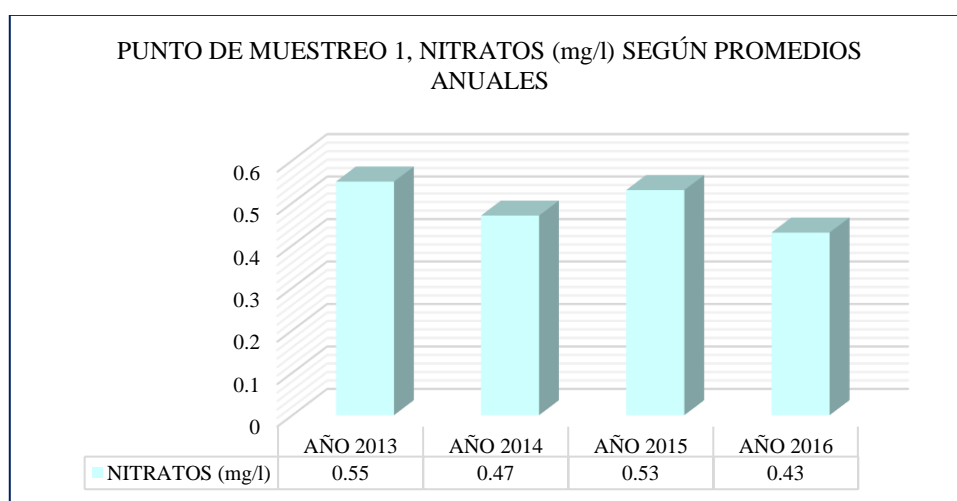


Figura 19: Concentración de Nitratos (mg/l), según Promedios Anuales.

Interpretación:

De la tabla 12 y grafico 14, se observa que la mayor concentración de Nitratos (mg/l) se dá en el año 2013 con un valor de 0.55, seguido del año 2015 con un valor de 0.53, y con menor concentración en el año 2016 con 0.43 respectivamente.

Tabla 13

Datos del punto de muestreo 1, según variación de la Temperatura (°C).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Temperatura (ΔT °C)	2.89	3.77	2.17	2.33

Fuente: Datos de campo

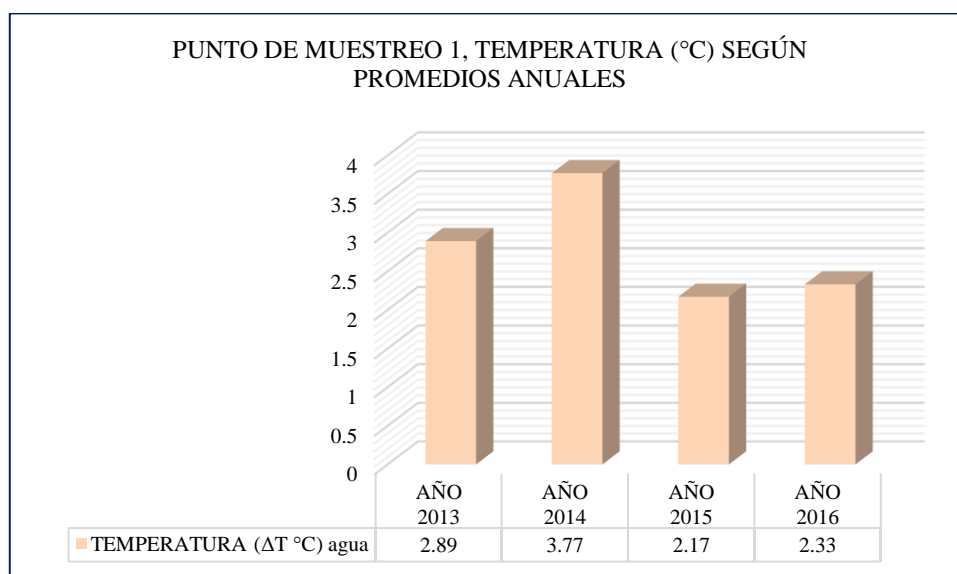


Figura 20: Variación de la Temperatura (ΔT °C), según Promedios Anuales.

Interpretación:

De la tabla 13 y grafico 15, se observa que la mayor variación de la Temperatura (°C), se presenta en el año 2014 con un valor de 3.77° C.

Tabla 14

Datos del punto de muestreo 1, según concentración pH.

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
pH	5.77	4.89	4.82	4.8

Fuente: Datos de campo

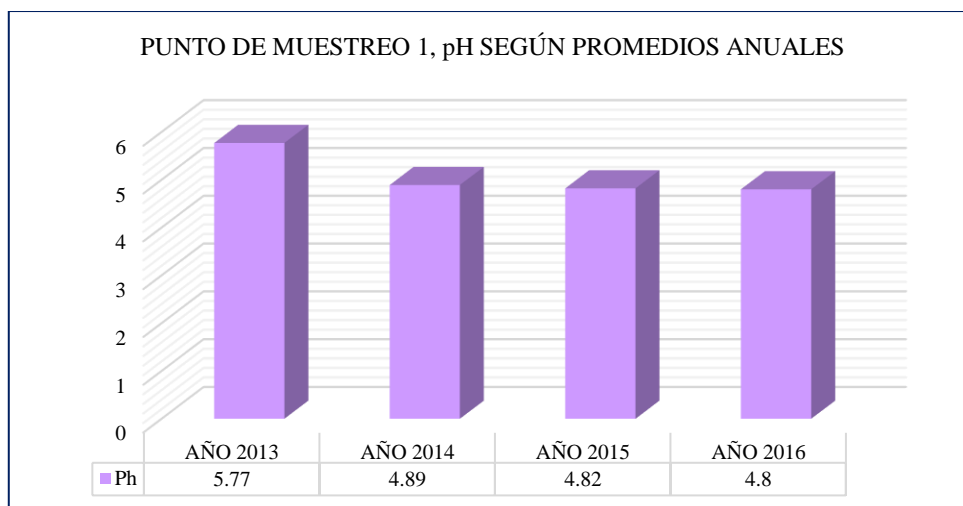


Figura 21: Concentración de pH, según promedios anuales.

Interpretación:

De la tabla 14 y gráfico 16, se observa que la mayor concentración de pH, se da en el año 2013 con un valor de 5.77, seguido del año 2014 con un valor de 4.89, y con menor concentración en el año 2016 con 4.8 respectivamente.

Tabla 15

Datos del punto de muestreo 1, según concentración de Solidos Totales Disueltos (mg/l).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Solidos Totales Disueltos (mg/l)	105.48	105.53	104.77	105.33

Fuente: Datos de campo

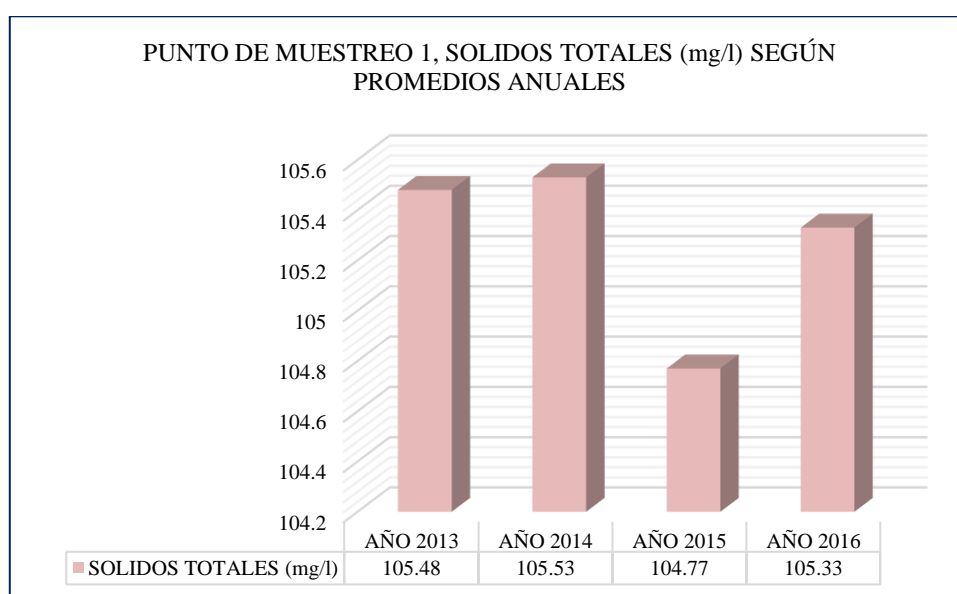


Figura 22: Concentración de Solidos Totales Disueltos (mg/l), según promedios anuales.

Interpretación:

De la tabla 15 y gráfico 17, se observa que la mayor concentración de Sólidos Totales Disueltos (mg/l), se dá en el año 2014 con un valor de 105.53, respectivamente.

Tabla 16

Datos del punto de muestreo 1, según la Turbiedad (NTU).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Turbiedad (NTU)	7	7	6	7

Fuente: Datos de campo

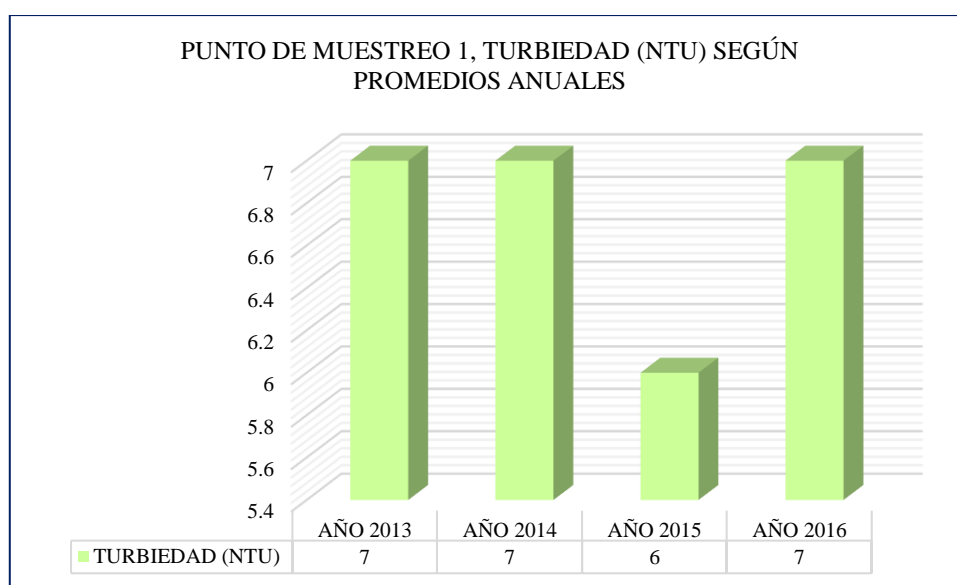


Figura 23: Concentración de Turbiedad (NTU), según Promedios Anuales.

Interpretación:

De la tabla 16 y gráfico 18, se observa que la mayor concentración de Turbiedad (NTU), se dá en los años 2013, 2014 y 2016 con un valor de 7, y menor concentración en el año 2015 con un valor de 6, respectivamente.

Tabla 17

Datos del punto de muestreo 2, según concentración de la DBO₅ (mg/l).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
DBO ₅ (mg/l)	2.76	3.23	2.27	3.23

Fuente: Datos de campo

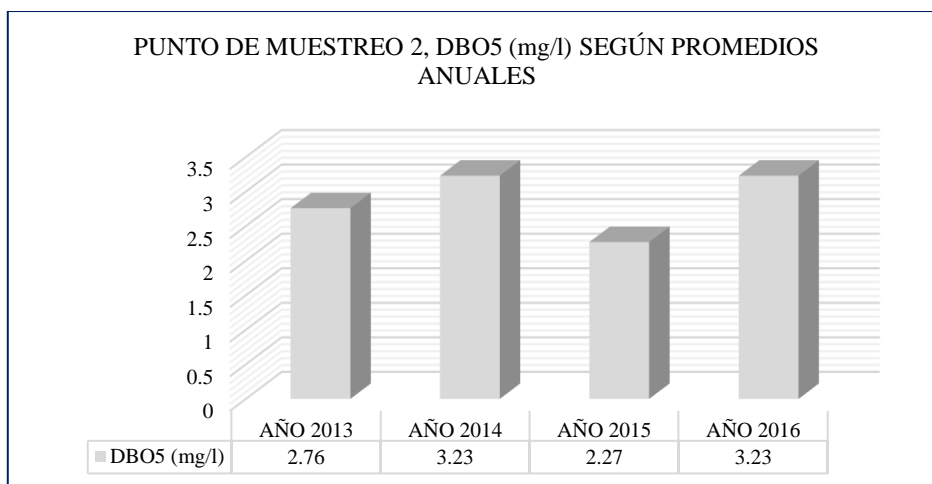


Figura 24: Concentración de DBO₅ (mg/l), según Promedios Anuales.

Interpretación:

De la tabla 17 y grafico 19, se observa que la mayor concentración de DBO₅ (mg/l) se dá en los años 2014 y 2016 con un valor de 3.23, seguido del año 2013 con un valor de 2.76, y con menor concentración en el año 2015, con 2.27 mg/l.

Tabla 18

Datos del punto de muestreo 2, según concentración de Oxígeno Disuelto (% Saturación).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	85.67	84	83.67	84.33

Fuente: Datos de campo

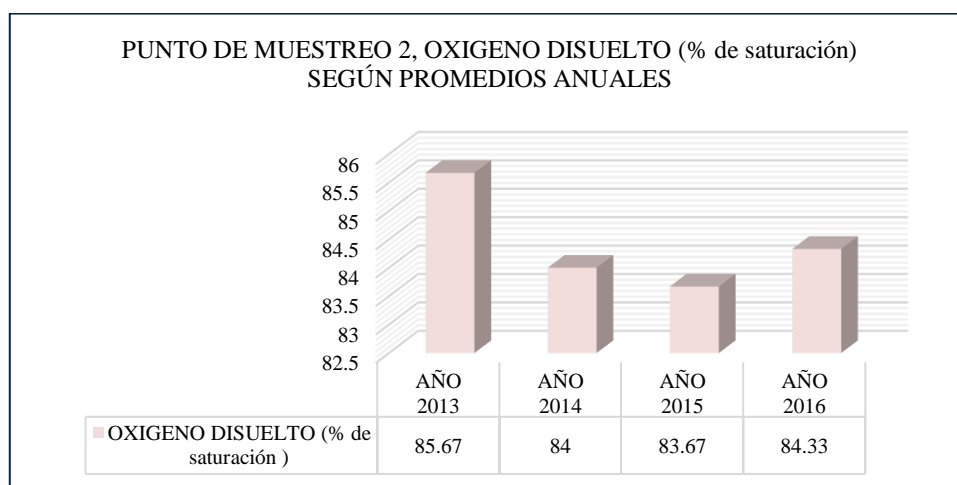


Figura 25: Concentración de Oxígeno Disuelto (% Saturación), según Promedios anuales.

Interpretación:

De la tabla 18 y grafico 20, se observa que la mayor concentración de Oxígeno Disuelto (% de saturación) se dá en el año 2013 con un valor de 85.67, y con menor concentración en el año 2015, con 83.67

Tabla 19

Datos del punto de muestreo 2, según concentración de Coliformes Fecales (NMP/100 ml)

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	15.42	15.33	15	15.67

Fuente: Datos de campo

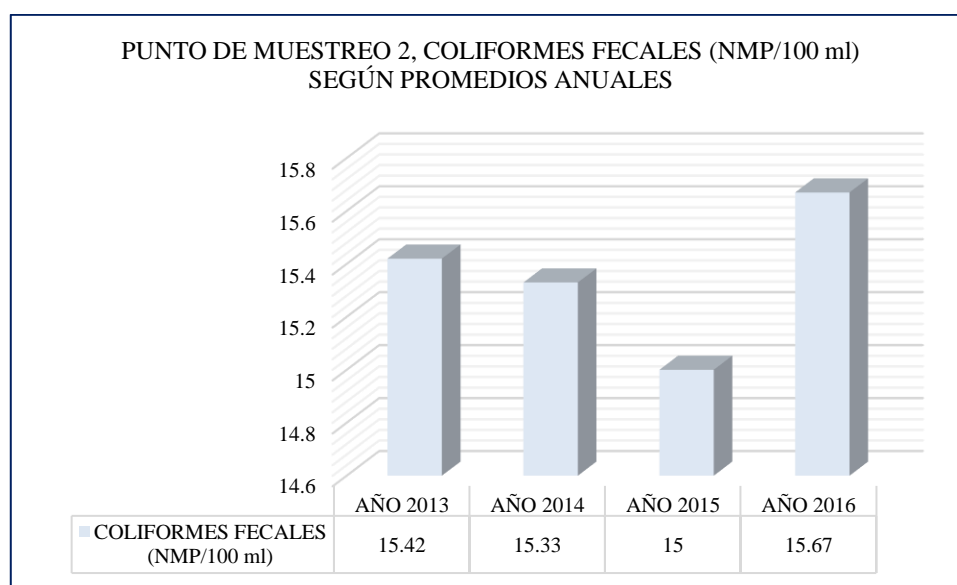


Figura 26: Concentración de Coliformes Fecales (NMP/100 ml), según promedios anuales.

Interpretación:

De la tabla 19 y grafico 21, se observa que la mayor concentración de Coliformes Fecales (NMP/100 ml) se dá en el año 2016 con un valor de 15.67 NMP/100 ml.

Tabla 20

Datos del punto de muestreo 2, según concentración de Fosfatos (mg/l).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Fosfatos (mg/L)	0.45	0.5	0.4	0.53

Fuente: Datos de campo

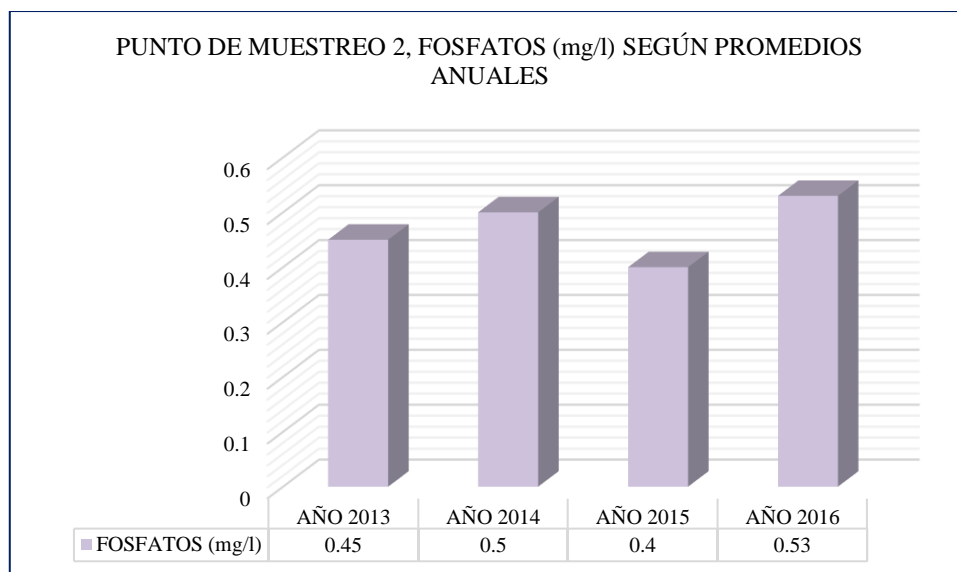


Figura 27: Concentración de Fosfatos (mg/l), según promedios anuales.

Interpretación:

De la tabla 20 y gráfico 22, se observa que la mayor concentración de Fosfatos (mg/l) se da en el año 2016 con un valor de 0.53, y menor concentración en el año 2015 con un valor de 0.4 mg/l.

Tabla 21

Datos del punto de muestreo 2, según concentración de Nitratos (mg/l).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Nitratos (mg/l)	0.44	0.43	0.47	0.53

Fuente: Datos de campo

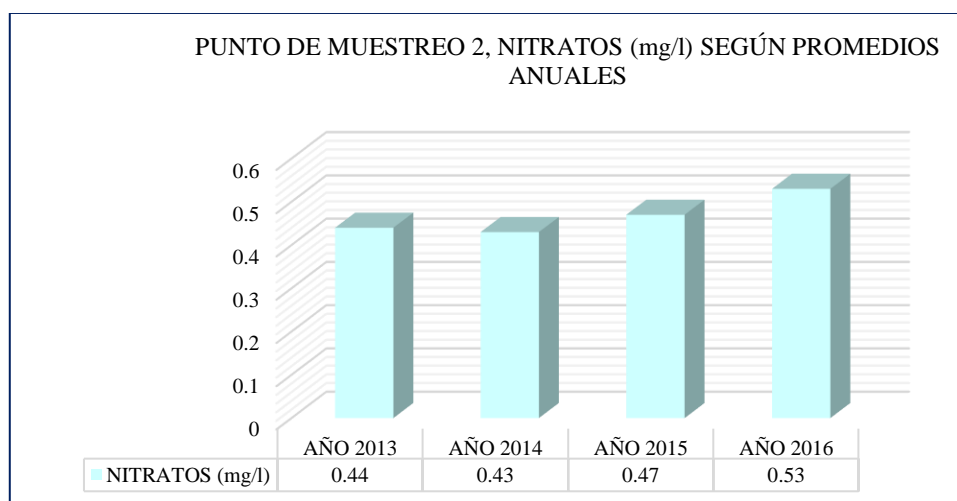


Figura 28: Concentración de Nitratos (mg/l), según Promedios Anuales.

Interpretación:

De la tabla 21 y grafico 23, se observa que la mayor concentración de Nitratos (mg/l) se dá en el año 2016 con un valor de 0.53, seguido del año 2015 con un valor de 0.47, y con menor concentración en el año 2013 con 0.44 mg/l.

Tabla 22

Datos del punto de muestreo 2, según variación de la Temperatura (°C).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Temperatura (ΔT °C)	3.92	4.57	2.77	3.73

Fuente: Datos de campo

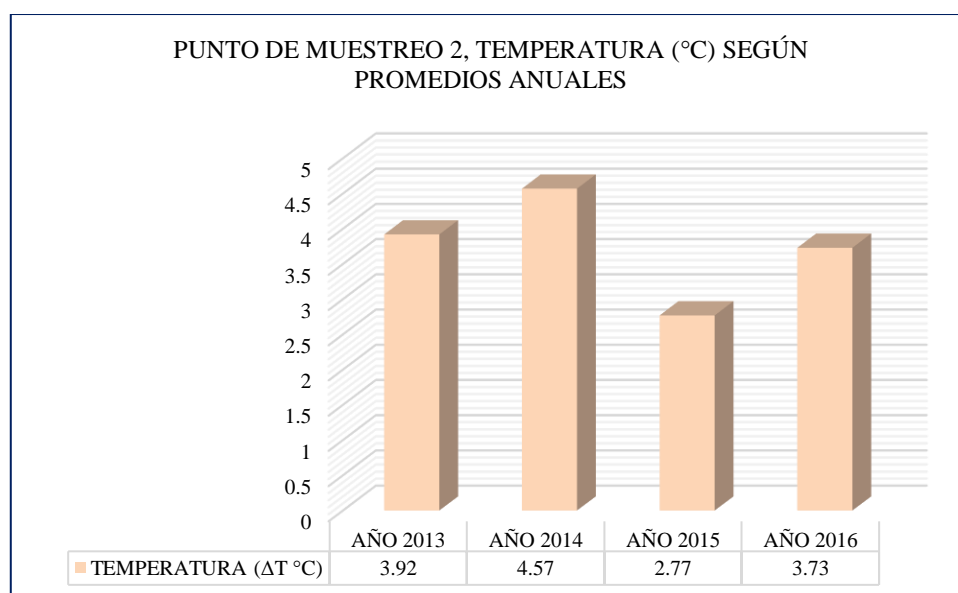


Figura 29: Variación de Temperatura (ΔT °C), según promedios anuales.

Interpretación:

De la tabla 22 y grafico 24, se observa que la mayor variación de Temperatura (°C), se dá en el año 2014 con un valor de 4.57.

Tabla 23

Datos del punto de muestreo 2, según concentración pH.

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
pH	6.02	5.88	4.93	6.05

Fuente: Datos de campo

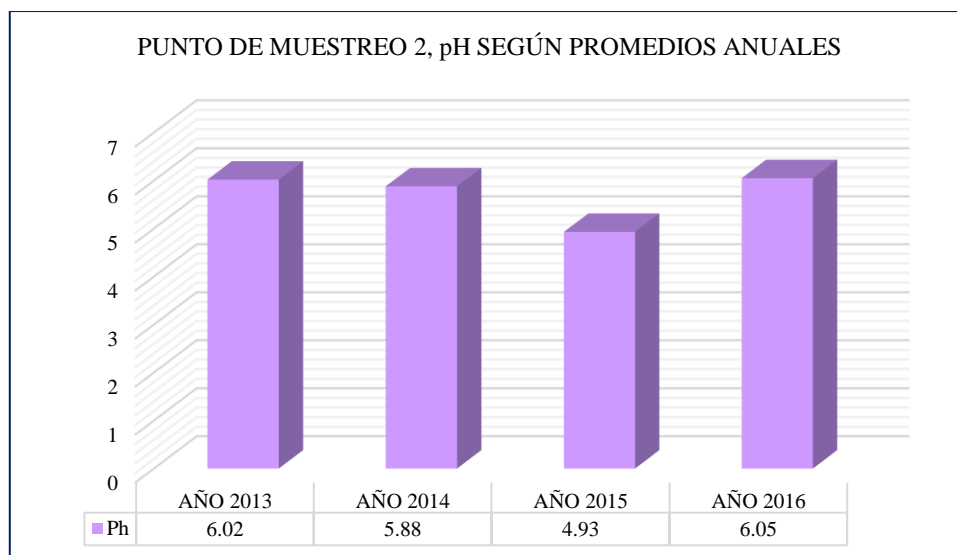


Figura 30: Concentración de pH, según promedios anuales.

Interpretación:

De la tabla 23 y gráfico 25, se observa que la mayor concentración de pH, se da en el año 2016 con un valor de 6.05, seguido del año 2013 con un valor de 6.02, y con menor concentración en el año 2015 con 4.93 unidades.

Tabla 24

Datos del punto de muestreo 2, según concentración de Sólidos Totales Disueltos (mg/l).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Sólidos Totales Disueltos (mg/l)	109.8	108.13	107.67	108.1

Fuente: Datos de campo

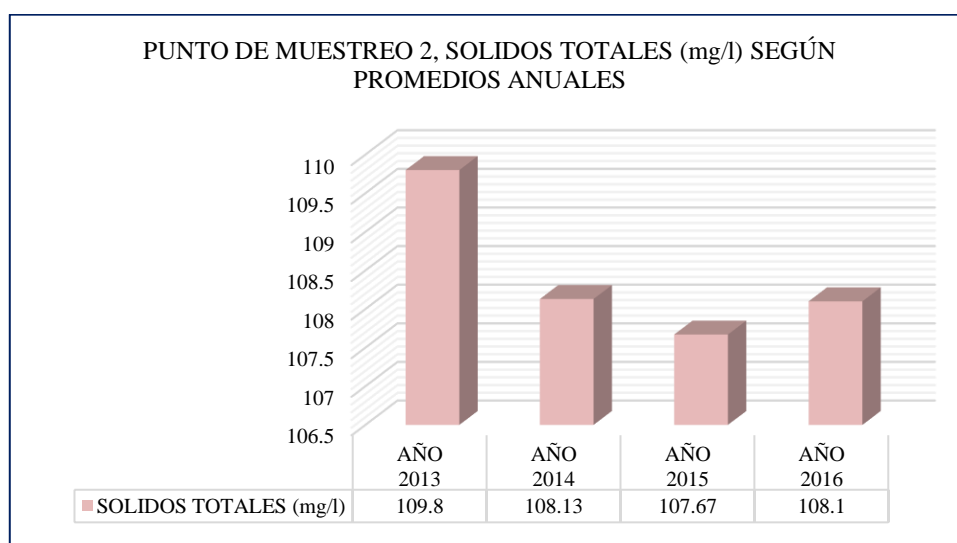


Figura 31: Concentración de Sólidos Totales Disueltos (mg/l), según promedios anuales.

Interpretación:

De la tabla 24 y gráfico 26, se observa que la mayor concentración de Sólidos Totales Disueltos (mg/l), se dá en el año 2013 con un valor de 109.8 mg/l.

Tabla 25

Datos del punto de muestreo 2, según la Turbiedad (NTU).

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
Turbiedad (NTU)	9.58	9.67	8.33	9.67

Fuente: Datos de campo

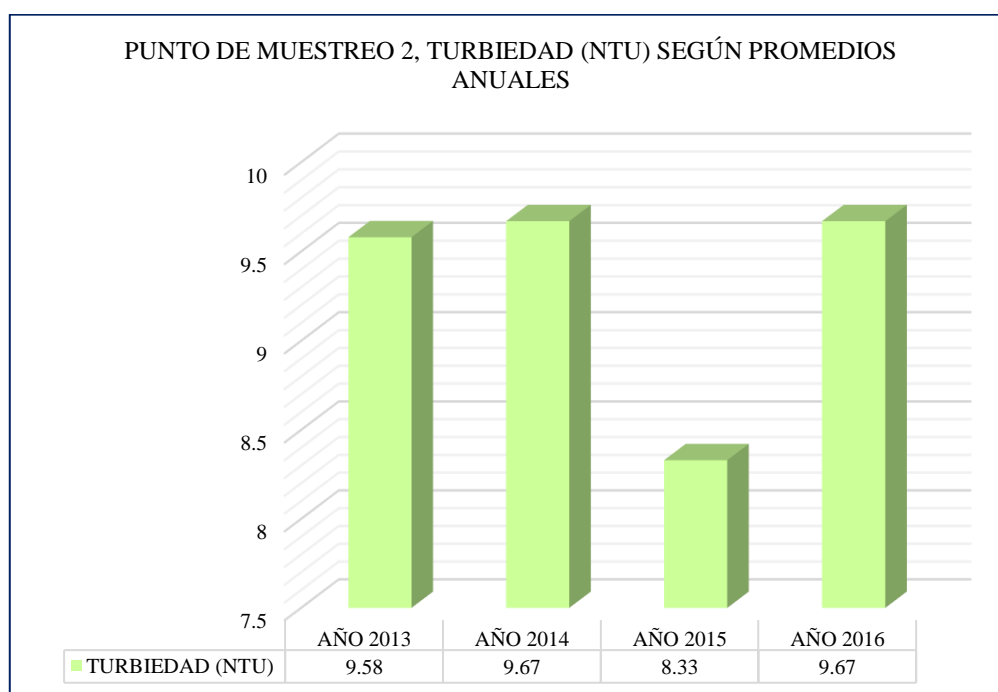


Figura 32: Concentración de Turbiedad (NTU), según promedios anuales.

Interpretación:

De la tabla 25 y gráfico 27, se observa que la mayor concentración de Turbiedad (NTU), se dá en los años 2014 y 2016 con un valor de 9.67, seguido del año 2013 con un valor de 9.58, y menor concentración en el año 2015 con un valor de 8.33 NTU.

Tabla 26

Datos del punto de muestreo 1 (Parte alta de la microcuenca) por años

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
DBO ₅ (mg/l)	2.82	2.77	2.63	2.9
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	86.92	88	84.67	89.0
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	16.5	15.33	14.67	16.67
Fosfatos (mg/l)	0.51	0.47	0.47	0.47
Nitratos (mg/l)	0.55	0.47	0.53	0.43
Temperatura (ΔT °C)	2.89	3.77	2.17	2.33
pH	5.77	4.89	4.82	4.8
Solidos Totales Disueltos (mg/l)	105.48	105.53	104.77	105.33
Turbiedad (NTU)	7	7	6	7

Fuente: Datos de campo

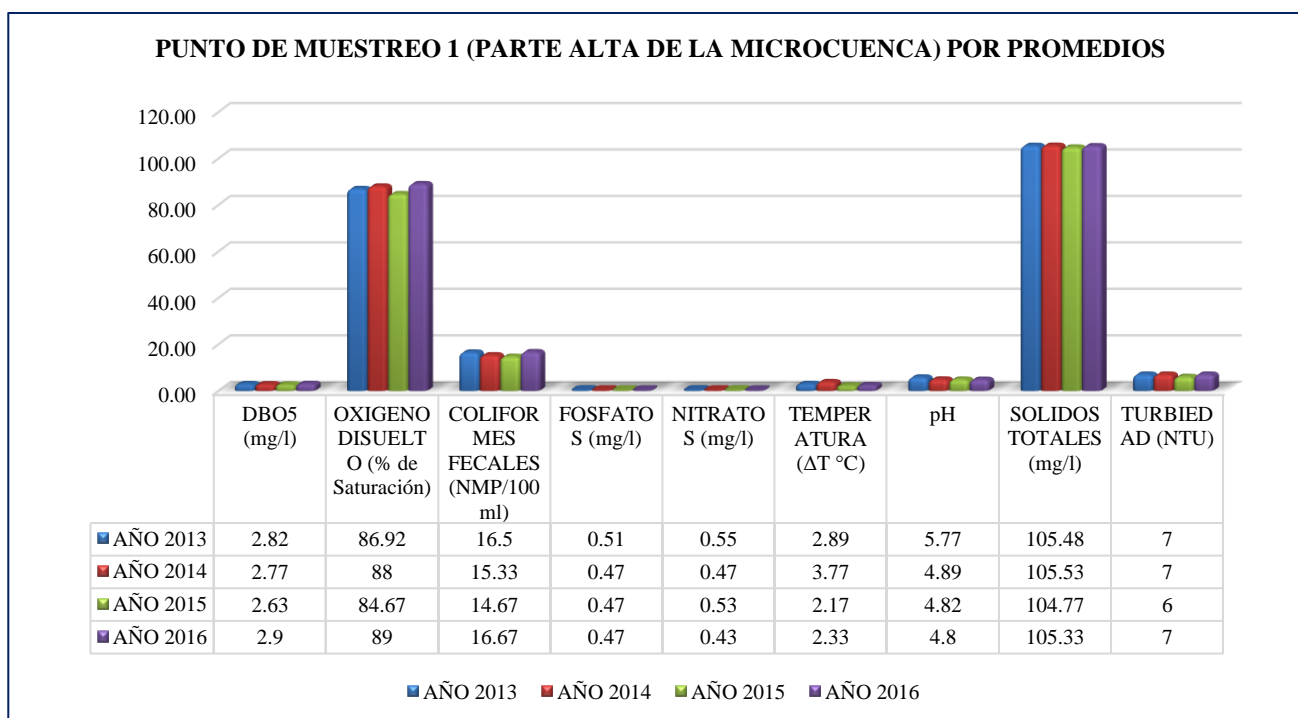


Figura 33: Concentración promedio del punto de muestreo 1 (parte alta de la microcuenca) por años

Interpretación:

En la tabla 26 y gráfico 28, del Punto de muestreo 1, se tienen que los mayores valores de concentración general se dan en el año 2016, para Oxígeno Disuelto (% Saturación) con 89, y Sólidos Totales Disueltos (mg/l) en el año 2014 con 105.53, y menor concentración en los años 2014, 2015 y 2016 para Fosfatos (mg/l) con 0.47, y Nitratos en el año 2016 con 0.43, respectivamente.

Tabla 27

Datos del Punto de muestreo 2 (Parte intermedia de la microcuenca) por años

PARAMETRO	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016
DBO ₅ (mg/l)	2.76	3.23	2.27	3.23
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	85.67	84	83.67	84.33
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	15.42	15.33	15	15.67
Fosfatos (mg/l)	0.45	0.5	0.4	0.53
Nitratos (mg/l)	0.44	0.43	0.47	0.53
Temperatura (ΔT °C)	3.92	4.57	2.77	3.73
pH	6.02	5.88	4.93	6.05
Sólidos Totales Disueltos (mg/l)	109.8	108.13	107.67	108.1
Turbiedad (NTU)	9.58	9.67	8.33	9.67

Fuente: Datos de campo

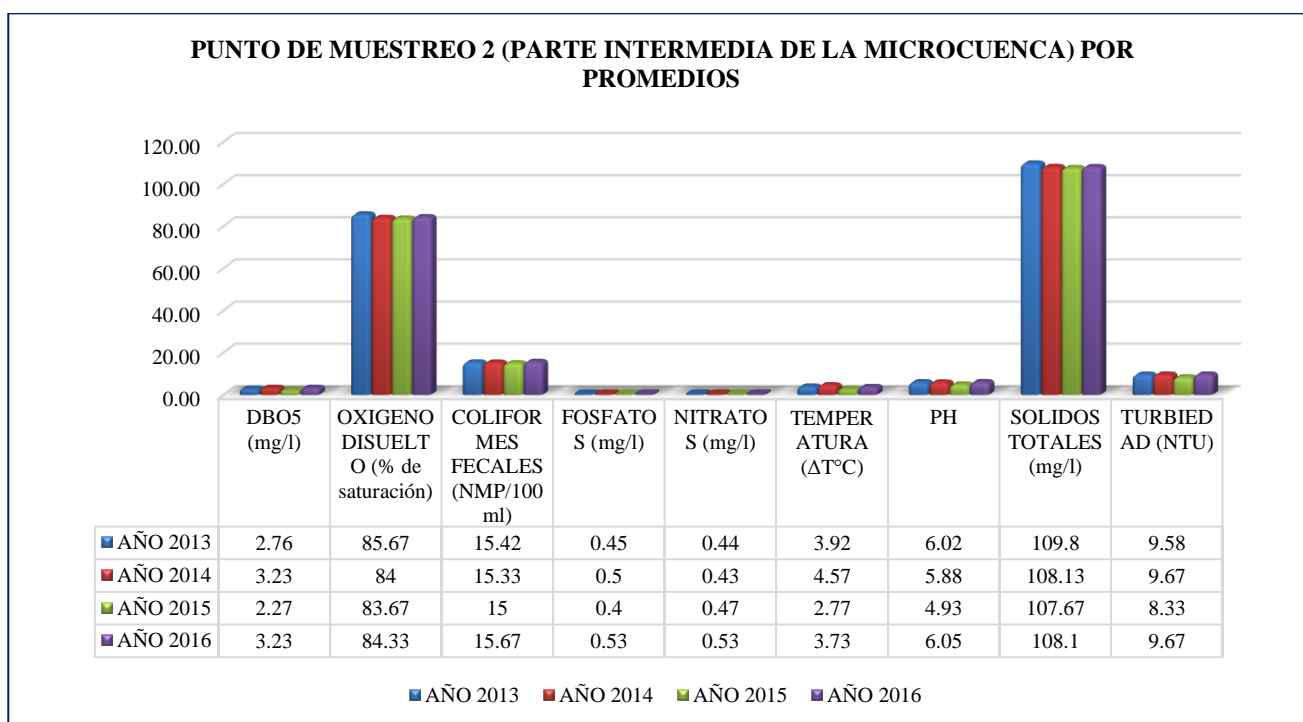


Figura 34: Concentración general del punto de muestreo 2 (parte intermedia de la microcuenca) por años.

Interpretación:

En la tabla 27 y gráfico 29, del Punto de muestreo 2, se tienen que los mayores valores de concentración general se dá en el año 2013, para Oxígeno Disuelto (% Saturación) con 85,67, y Sólidos Totales Disueltos (mg/l) con 109.8, y menor concentración en el año 2015 para Fosfatos (mg/l) con 0.4, y Nitratos en el año 2014 con 0.43, respectivamente.

Tabla 28*Datos promedio general a nivel de microcuenca*

PARAMETRO	PUNTO 1	PUNTO 2	PROMEDIO	Estándar de calidad de agua categoría 1-A: Aguas superficiales destinadas a la producción de Agua potable (D.S. N° 015-2015-MINAM)
DBO ₅ (mg/l)	2.78	2.87	2.83	5
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	87.15	84.42	85.79	≥ 5
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	15.79	15.36	15.56	2000
Fosfatos (mg/l)	0.48	0.47	0.48	Sin estándar
Nitratos (mg/l)	0.495	0.48	0.49	50
Temperatura (ΔT °C)	2.79	3.75	3.27	Variación de 3°C con respecto al promedio anual
pH	5.07	5.72	5.40	5,5 – 9,0
Solidos Totales Disueltos (mg/l)	105.28	108.43	106.86	1000
Turbiedad (NTU)	6.75	9.31	8.03	100

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

En la tabla 28, se tiene que a nivel de la microcuenca los valores de los parámetros están comprendidos dentro los niveles de concentración establecidos como estándares de calidad ambiental para agua categoría 1-A (Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable) que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Sin embargo el parámetro pH se encuentra por debajo de lo establecido en 0.1 unidades.

3.1.3. Determinación del ICA-NSF**Tabla 29**

Cálculo de índice ICA NSF, año 2013, punto 1 parte alta de la microcuenca

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	Q - VALOR	FACTOR DE PONDERACION	SUBTOTAL
Oxígeno Disuelto	86.92	% Sat	92	0.17	15.64
Coliformes Fecales	16.5	NMP/100ml	68	0.16	10.88
pH	5.77	Unidades	40.5	0.11	4.46
DBO ₅	2.82	mg/l	79	0.11	8.69
Cambio de T°	2.89	°C	64	0.10	6.40
Fosfatos Totales	0.51	mg/l PO4-P	60.5	0.10	6.05
Nitratos	0.55	mg/l NO3	75.5	0.10	7.55
Turbidez	7	NTU	80.5	0.08	6.44
Sólidos Totales Disueltos	105.48	mg/l	80.6	0.07	5.64
Sumatoria índice					71.75

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 29, el cálculo del índice ICA NSF, año 2013 en el punto 1 presenta un valor de 71.75 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena

Tabla 30

Cálculo de índice NSF, año 2013, punto 2 parte intermedia de la microcuenca

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	Q - VALOR	FACTOR DE PONDERACION	SUBTOTAL
Oxígeno Disuelto	85.67	% Sat	91	0.17	15.47
Coliformes Fecales	15.42	NMP/100ml	70	0.16	11.2
pH	6.02	Unidades	60.9	0.11	6.70
DBO ₅	2.76	mg/l	80	0.11	8.8
Cambio de T°	3.92	°C	55.10	0.10	5.51
Fosfatos Totales	0.45	mg/l PO ₄ -P	80	0.10	8
Nitratos	0.44	mg/l NO ₃	90	0.10	9
Turbidez	9.58	NTU	70.9	0.08	5.67
Sólidos Totales Disueltos	109.8	mg/l	80.5	0.07	5.64
Sumatoria índice					75.99

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 30, el cálculo del índice ICA NSF, año 2013 en el punto 2 presenta un valor de 75.99 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena

Tabla 31

Cálculo de índice NSF, año 2014, punto 1 parte alta de la microcuenca

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	Q - VALOR	FACTOR DE PONDERACION	SUBTOTAL
Oxígeno Disuelto	88	% Sat	90	0.17	15.3
Coliformes Fecales	15.33	NMP/100ml	71	0.16	11.36
pH	4.89	Unidades	24	0.11	2.64
DBO ₅	2.77	mg/l	78	0.11	8.58
Cambio de T°	3.77	°C	60	0.10	6.0
Fosfatos Totales	0.47	mg/l PO ₄ -P	75	0.10	7.5
Nitratos	0.47	mg/l NO ₃	87	0.10	8.7
Turbidez	7	NTU	85.5	0.08	6.84
Sólidos Totales Disueltos	105.53	mg/l	80.3	0.07	5.62
Sumatoria índice					72.54

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 31, el cálculo del índice ICA NSF, año 2014 en el punto 1 presenta un valor de 72.54 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena

Tabla 32

Cálculo de índice NSF, año 2014, punto 2 parte intermedia de la microcuenca

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	Q - VALOR	FACTOR DE PONDERACION	SUBTOTAL
Oxígeno Disuelto	84	% Sat	91	0.17	15.47
Coliformes Fecales	15.33	NMP/100ml	71	0.16	11.36
pH	5.88	Unidades	40.7	0.11	4.48
DBO ₅	3.23	mg/l	70	0.11	7.7
Cambio de T°	4.57	°C	50.2	0.10	5.02
Fosfatos Totales	0.5	mg/l PO4-P	70	0.10	7
Nitratos	0.43	mg/l NO3	89.8	0.10	8.98
Turbidez	9.67	NTU	77	0.08	6.16
Sólidos Totales Disueltos	108.13	mg/l	80.4	0.07	5.63
Sumatoria índice					71.8

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 32, el cálculo del índice ICA NSF, año 2014 en el punto 2 presenta un valor de 71.8 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena.

Tabla 33

Cálculo de índice NSF, año 2015, punto 1 parte alta de la microcuenca

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	Q - VALOR	FACTOR DE PONDERACION	SUBTOTAL
Oxígeno Disuelto	84.67	% Sat	91.2	0.17	15.50
Coliformes Fecales	14.67	NMP/100ml	70.3	0.16	11.25
pH	4.82	Unidades	20	0.11	2.2
DBO ₅	2.63	mg/l	77	0.11	8.47
Cambio de T°	2.17	°C	82	0.10	8.2
Fosfatos Totales	0.47	mg/l PO4-P	74	0.10	7.4
Nitratos	0.53	mg/l NO3	77	0.10	7.7
Turbidez	6	NTU	85	0.08	6.8
Sólidos Totales Disueltos	104.77	mg/l	83	0.07	5.81
Sumatoria índice					73.33

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 33, el cálculo del índice ICA NSF, año 2015 en el punto 1 presenta un valor de 73.33 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena

Tabla 34

Cálculo de índice NSF, año 2015, punto 2 parte intermedia de la microcuenca

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	Q - VALOR	FACTOR DE PONDERACION	SUBTOTAL
Oxígeno Disuelto	83.67	% Sat	89	0.17	15.13
Coliformes Fecales	15	NMP/100ml	69	0.16	11.04
pH	4.93	Unidades	25	0.11	2.75
DBO ₅	2.27	mg/l	76	0.11	8.36
Cambio de T°	2.77	°C	65.4	0.10	6.54
Fosfatos Totales	0.4	mg/l PO4-P	85	0.10	8.5
Nitratos	0.47	mg/l NO3	87	0.10	8.7
Turbidez	8.33	NTU	80	0.08	6.4
Sólidos Totales Disueltos	107.67	mg/l	81.7	0.07	5.72
Sumatoria índice					73.14

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 34, el cálculo del índice ICA NSF, año 2015 en el punto 2 presenta un valor de 73.14 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena.

Tabla 35

Cálculo de índice NSF, año 2016, punto 1 parte alta de la microcuenca

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	Q - VALOR	FACTOR DE PONDERACION	SUBTOTAL
Oxígeno Disuelto	89	% Sat	93	0.17	15.81
Coliformes Fecales	16.67	NMP/100ml	67	0.16	10.72
pH	4.8	Unidades	10	0.11	1.1
DBO ₅	2.9	mg/l	68	0.11	7.48
Cambio de T°	2.33	°C	78.4	0.10	7.84
Fosfatos Totales	0.47	mg/l PO4-P	74	0.10	7.4
Nitratos	0.43	mg/l NO3	89.8	0.10	8.98
Turbidez	7	NTU	85.5	0.08	6.84
Sólidos Totales Disueltos	105.33	mg/l	80.2	0.07	5.61
Sumatoria índice					71.78

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 35, el cálculo del índice NSF, año 2016 en el punto 1 presenta un valor de 71.78 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena

Tabla 36

Cálculo de índice NSF, año 2016, punto 2 parte intermedia de la microcuenca

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	Q - VALOR	FACTOR DE PONDERACION	SUBTOTAL
Oxígeno Disuelto	84.33	% Sat	91.3	0.17	15.52
Coliformes Fecales	15.67	NMP/100ml	66	0.16	10.56
pH	6.05	Unidades	70	0.11	7.7
DBO ₅	3.23	mg/l	70	0.11	7.7
Cambio de T°	3.73	°C	60.10	0.10	6.01
Fosfatos Totales	0.53	mg/l PO4-P	60	0.10	6
Nitratos	0.53	mg/l NO3	77	0.10	7.7
Turbidez	9.67	NTU	77	0.08	7.7
Sólidos Totales Disueltos	108.1	mg/l	80.2	0.07	5.61
Sumatoria índice					74.5

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 36, el cálculo del índice NSF, año 2016 en el punto 2 presenta un valor de 74.5 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena

Tabla 37

Cálculo de índice NSF, punto 1 parte alta de la microcuenca en todo el periodo de muestreo

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDADES	Q - VALOR	FACTOR DE PONDERACION	SUBTOTAL
Oxígeno Disuelto	87.15	% Sat	93	0.17	15.81
Coliformes Fecales	15.79	NMP/100ml	67	0.16	10.72
pH	5.07	Unidades	30	0.11	3.3
DBO ₅	2.78	mg/l	79	0.11	8.69
Cambio de T°	2.79	°C	63.9	0.10	6.39
Fosfatos Totales	0.48	mg/l PO4-P	75	0.10	7.5
Nitratos	0.49	mg/l NO3	89	0.10	8.9
Turbidez	6.75	NTU	85.7	0.08	6.86
Sólidos Totales Disueltos	105.28	mg/l	80.1	0.07	5.61
Sumatoria índice					73.78

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 37, el cálculo del índice ICA NSF, general durante el periodo de muestreo en el punto 1 presenta un valor de 73.78 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena

Tabla 38

Cálculo de índice NSF, punto 2 parte intermedia de la microcuena en todo el periodo de Muestreo

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	Q - VALOR	FACTOR DE PONDERACION	SUBTOTAL
Oxígeno Disuelto	85.79	% Sat	91.2	0.17	15.50
Coliformes Fecales	15.58	NMP/100ml	65	0.16	10.4
pH	5.40	Unidades	40	0.11	4.4
DBO ₅	2.83	mg/l	79.1	0.11	8.70
Cambio de T°	3.27	°C	62.8	0.10	6.28
Fosfatos Totales	0.48	mg/l PO ₄ -P	75	0.10	7.5
Nitratos	0.48	mg/l NO ₃	88	0.10	8.8
Turbidez	8.03	NTU	86	0.08	6.88
Sólidos Totales Disueltos	106.86	mg/l	81.7	0.07	5.72
Sumatoria índice					74.18

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 38, el cálculo del índice ICA NSF general en todo el periodo de muestreo en el punto 2 presenta un valor de 74.11, lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena.

Tabla 39

Cálculo de índice NSF, promedio total del punto 1 y 2 de la parte alta e intermedia de la microcuena

Parámetros	Resultado	Unidades	Q - Valor	Factor De Ponderación	Subtotal
Oxígeno Disuelto	84.42	% Sat	92.2	0.17	15.67
Coliformes Fecales	15.36	NMP/100ml	71.3	0.16	11.41
pH	5.72	Unidades	40.5	0.11	4.46
DBO ₅	2.87	mg/l	79	0.11	8.69
Cambio de T°	3.75	°C	60	0.10	6.0
Fosfatos Totales	0.47	mg/l PO ₄ -P	74	0.10	7.4
Nitratos	0.47	mg/l NO ₃	87	0.10	8.7
Turbidez	9.31	NTU	76.6	0.08	6.13
Sólidos Totales Disueltos	108.43	mg/l	80.7	0.07	5.65
Sumatoria índice					74.11

Fuente: Datos de campo

Interpretación:

De la tabla 39, el cálculo del índice ICA NSF, promedio total a nivel de microcuenca, presenta un valor de 74.18 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de una calidad de agua buena.

3.2. Discusiones

- ✓ La microcuenca de la quebrada Juninguillo, según el análisis del contexto biofísico, presenta características importantes desde el punto de vista morfológico y geológico, las cuales han sido influenciadas debido a los procesos de geodinámica interna y externa que se ha desarrollado en esta parte de la región selva, es así que presenta unidades geomorfológicas que van desde el valle de sedimentación Fluvioaluvional hasta Montañas altas estructurales denudacionales, las cuales interaccionando configuran un espacio territorial que abarca un área de drenaje de aproximadamente 32.5123 Km² y que presente un índice de compacidad de 1.8589 que de acuerdo a las forma de las cuencas hidrográficas propuesto por Urbina 1974, la microcuenca Juninguillo presenta una forma casi rectangular (alargada).
- ✓ García (2012), en su tesis sobre sobre propuesta de índices de agua para ecosistemas hídricos de Chile, menciona que el pH en aguas naturales se relaciona con la geología del terreno por donde escurre el agua y está gobernado por el equilibrio $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$. La cantidad relativa de cada uno de ellos influye en el pH del agua, la quebrada Juninguillo presenta valores de pH de 5.40 en promedio de ambos puntos de muestreo (parte alta e intermedia de la microcuenca) e incluso fuera del rango establecido como estándar de calidad del agua que es de 5.5 a 9.0 según el D.S. N° 015-2015-MINAM.
- ✓ De acuerdo a la caracterización realizada sobre la calidad del agua se observa que en el periodo de muestreo realizado en la microcuenca Juninguillo los parámetros evaluados se observa que el comportamiento de los datos no es uniforme en los

puntos de monitoreo. El punto 2 (parte intermedia de la microcuenca) muestra mayor presencia de sólidos totales y turbiedad, pudiendo atribuirse esto a la presencia de alteraciones de origen natural o antrópico presente. En general los parámetros se encuentran comprendidos en los rangos establecidos como Estándares de Calidad Ambiental para Agua, considerando que el agua sería destinada para consumo humano, pero necesitaría ser potabilizada con tratamiento convencional.

- ✓ Según CUSTODIO et al., (2014), citado por laurente, (2015), en su estudio realizado en el departamento de Junín, donde sus resultados demuestran que las aguas del río Cunas, aún no experimentan severos problemas de contaminación, considerando que las aguas según el ICA-NSF son de calidad “buena”, se pudieron contemplar una importante diversidad de vida acuática y también pueden ser consideradas para todo tipo de recreación, respecto a nuestro estudio en el primer y segundo punto según el ICA-NSF la calidad del agua de la quebrada Juningullo también se encuentra en el rango de aguas de calidad “buena”, en nuestro caso de los resultados de nueve parámetros analizados que se utilizaron para la determinación del índice de calidad a nivel de microcuenca, Juningullo, presenta un valor de 74.18 lo que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF) como un agua de calidad buena.

CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó el análisis del contexto biofísico de la microcuenca Juninguillo, analizando aspectos morfológicos y geológicos encontrándose que presenta cuatro formaciones geológicas de las cuales el grupo oriente es el que ocupa la mayor extensión y está constituida principalmente de areniscas cuarzosas. A nivel geomorfológico mayormente está configurado por montañas altas estructurales denudacionales, lo que le confiere características geográficas propias de los procesos de geodinámica interna y externa y hace que encierre un espacio territorial que abarca un área de drenaje de aproximadamente 32.5123 Km² y que presente un índice de compacidad de 1.8589 que de acuerdo a la forma de las cuencas hidrográficas propuesto por Urbina 1974, la microcuenca presenta una forma casi rectangular (alargada)
- ✓ En el periodo de muestreo y análisis realizado a la quebrada Juninguillo se observó que los 10 parámetros caracterizados como son DBO₅, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Fosfatos, Nitratos, Temperatura, pH, Sólidos Totales y Turbiedad, presentan valores que al ser comparados con los estándares de Calidad Ambiental para Agua (aguas destinadas para consumo humano) se encuentran comprendidos dentro de los rangos permitidos, pero que necesitan ser potabilizadas con tratamiento convencional
- ✓ En cuanto a la determinación del índice de calidad de Agua –ICA, de los resultados promedio de nueve parámetros analizados que se utilizaron, la microcuenca Juninguillo presenta valores que es interpretado de acuerdo a la escala de clasificación de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos (NSF) como un agua de calidad buena.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se debe continuar con el monitoreo de la calidad del agua de la quebrada Juninguillo, para lo cual se recomienda utilizar procedimientos de cálculo de índices de calidad del agua que involucre más parámetros y nos permita realizar comparaciones con los resultados encontrados y establecer ponderaciones propias sobre la calidad del agua que presenta la quebrada Juninguillo.
- ✓ Se recomienda utilizar los resultados obtenidos de la calidad del agua por medio de la determinación del índice NSF, en los puntos de muestreo de la quebrada Juninguillo, como línea base para llevar a cabo un monitoreo permanente en dicho cuerpo de agua.
- ✓ Dado que la presente investigación solo involucró la determinación de los parámetros necesarios para el cálculo del índice de calidad del agua NSF para la evaluación de la aptitud de uso del agua superficial para producción de agua potable se deben realizar estudios que incluyan la evaluación de otros parámetros fisicoquímicos y bióticos diferentes a los analizados en la presente investigación y así poder evaluar la aptitud de uso del agua para irrigación, para propagación piscícola, entre otros.
- ✓ Realizar pruebas complementarias incluyendo más parámetros que no se tomaron en cuenta y que son importantes para establecer el uso y calidad del agua.
- ✓ Sugerir la coordinación entre las autoridades locales y la población que se encuentra al interior y circundante al área de estudio, para poder impulsar la implementación de proyectos sostenibles de agua, que ayude a mantener y mejorar las condiciones en las que se encuentran actualmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Water Works Association –APHAWA (2002). *Calidad y Tratamiento del Agua*. 5ta. Edición. Editorial the Mc. Graw-Hill Companies, INC.
- Barrenechea, A. (2004). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad de agua*. Editorial Acribia. Lima – Perú. 86 pp
- Brack, A. (1987). *Pobreza y Manejo Adecuado de los Recursos en la Amazonía Peruana*. Revista Andina 29. Año 15, N° 1, Julio 1997. Cuzco, Perú.
- Ball, R., Church, R. 1980. *Water Quality Indexing and Scoring*. Journal of the Environmental Engineering División, American Society of Civil Engineers.
- Brow N. (1972). *Indicators of Environmental Quality*. Environmental Science Research, 1(1), pp. 173-182
- CEPIS/OPS, (2007). *Vigilancia y control de la calidad del agua para el consumo humano*. [en línea]: Cepis (<http://www.cepis.opsoms.org>).
- CUDE C. (2001), *Oregon Water Quality Index: A tool for evaluating wáter quality management effectiveness of the American Water Resorces Association*,
- Davis, M.L., y D.A, CornwelL, (1998). *Introduction to Enviromental Engineering*, Mc Graw Hill, Series in Water Resources and Enviromental Engineering. p.224
- El Peruano (2015). D.S N° 015-2015-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Lima.
- García, (2012). *Propuesta de índices de calidad del agua para ecosistemas hídricos de Chile*. Chile.
- Greenpeace (2007). *Calidad del Agua*.
- GRSM, (2005). *Zonificación Ecológica Económica de San Martin*. Moyobamba.
- Laurente, J.A. (2015). Variación del índice de calidad de agua de la fundación nacional de saneamiento (ICA – NSF) en un tramo de la quebrada Cruz de Motupe. Tingo María - Perú

- León, L.F. (1991). *Índice de Calidad del Agua- ICA*. Inf # SH-9101/01. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Méjico.
- Mamani V.E. 2012. Informe principal: *Propuesta de estándares nacionales de calidad ambiental para agua subterránea*. Dirección General de Calidad Ambiental. Vice Ministro de Gestión Ambiental. Ministerio del Ambiente del Perú.
- Montoya, 1997. *Ecological networks and their fragility*
- OPS (organización mundial de la salud) (1988). *Agua y salud humana*. México D. F. México. Limusa. 231 p.
- OTT, W. 1978. Environmental Índices. *Theory and practice*, AA Sciencie, Ann Arbor, Michigan.
- PREQB. 2004. Puerto Rico Environmental Quality Board, *Puerto Rico Water Quality Inventory and List of Impaired Waters, 2004 –305 (b) /303 (d) Final Report*.
- Proyecto Especial Alto Mayo (PEAM), (1998). *Experiencias sobre Manejo Ambiental en el Valle del Alto Mayo*. Gráfica y Ediciones Fénix. Tarapoto, Perú.
- Quispe, C. M. y W, Zambrano. (1970). *Manual de Análisis Químicos Medioambientales*. Lima, Perú.
- Van Helmond, C., Breukel, R., (1997); *Physico-Chemical water quality indices. Proceedings of an International Works on Information Strategies in Water Management, Nunspeet, The Netherlands, 475-479*.
- Vergara M. S. (2002). *Índices de Calidad de Agua y Diversidad Ictiológica como indicadores de Eco gestión del Río Mayo- Región San Martín- Perú*. Tesis para optar el Grado de Master en Ciencias. Universidad Nacional de Trujillo.

ANEXOS

Fotografías del área de estudio

Anexo 01: Presencia de intervención antrópica en la parte alta de la microcuenca



Anexo 02: Áreas vulnerables por la presencia de accesos al interior de la microcuenca



Anexo 03: Medición de pH insitu



Anexo 04: Medición de temperatura °C insitu

