

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

**TÍTULO**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD Y EL USO DE LAS  
AGUAS DE ACUERDO A SU APTITUD EN BASE A LOS  
PARÁMETROS DEL REGLAMENTO EN MATERIA DE  
CONTAMINACIÓN HÍDRICA Y NB 512 DEL RÍO PAJONAL  
DEL MUNICIPIO DE ENTRE RÍOS**

**Por:**

**JIMENA FÁTIMA MAMANI VILLARRUBIA**

Modalidad de graduación: **TESIS DE GRADO** presentada a consideración de la  
"UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito  
para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Medio Ambiente.

**Abril del 2017**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a:

Dios y a la Virgen de Urkupiña, de Chaguaya, de Guadalupe por haberme dotado de las herramientas necesarias para lograr cumplir mis metas planteadas.

Con todo mi amor a mi madre Lola Villarrubia por estar conmigo incondicionalmente. Gracias porque sin ella y sus enseñanzas no estaría aquí, ni sería quien soy ahora.

A mis hermanos “Nagely y Alex” por su infinito amor y estar siempre junto a mi brindándome su apoyo.

Y a todas aquellas personas que de forma directa e indirecta colaboraron con la realización de este trabajo.

Gracias por ayudarme a lograrlo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por ser mi amigo, fortaleza, darme todo lo que tengo y no dejar caer nunca.

También agradezco la confianza y el apoyo incondicional brindado por mi madre Lola Villarrubia, a mis hermanos Nagely y Alex, y Juan Carlos en este recorrido de mi vida.

A mi profesor guía el Ing. Juan Jacobo Leño Sanabria, por su apoyo y orientación brindada en todo momento de la realización de mi trabajo de tesis desinteresadamente.

A mis amigas, Neyeska, Yenny, Kiara, Sara, Debora, Malena por compartir momentos de alegrías, tristezas y por demostrarme que siempre podre contar con su apoyo.

A mis tribunales Ing. Luis Lafuente, Ing. Marco Guerrero, Ing. Ariel Villena, por todo el apoyo brindado en esta etapa de mi vida.

A mis docentes por su enseñanza brindada durante todo este tiempo de desarrollo de mi formación profesional.

Finalmente le doy gracias a todos mis seres queridos mamá, tíos/as, primos/as de quienes he recibido fuerza y el apoyo necesario para la realización de ese trabajo.

“No entiendo porque cuando destruimos algo creado por el hombre, lo llamamos vandalismo, pero cuando destruimos algo creado por la naturaleza lo llamamos progreso”.

**Ed Begley Jr.**

## ÍNDICE

ADVERTENCIA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

PENSAMIENTO

RESUMEN

### Página

Introducción ..... 1

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. MARCO CONCEPPTUAL ..... 4

1.1.1. El Agua ..... 4

1.1.2. Coliformes Fecales..... 4

1.1.3. pH..... 5

1.1.4. Turbidez ..... 6

1.1.5. Sulfatos..... 6

1.1.6. Color..... 6

1.1.7. Coagulación - Floculación ..... 7

1.1.8. Filtración ..... 7

1.1.9. Contaminación ..... 7

1.1.10. Clasificación..... 7

1.1.11. Descarga..... 8

1.1.12. Parámetro ..... 8

1.1.13. Estiaje..... 8

2.2. MARCO TEÓRICO..... 8

2.2.1. Aguas Residuales Urbanas (ARU)..... 8

2.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)..... 8

2.2.3. Oxígeno Disuelto (OD)..... 9

2.2.4. Nitrógeno Total ..... 9

	<b>Página</b>
2.2.5. Efectos de Sulfatos en la Salud .....	9
2.2.6. Sólidos Disueltos Totales (TDS).....	10
2.2.7. Efectos de Coliformes Fecales en la Salud .....	10
2.2.8. Sólidos en Suspensión.....	10
2.2.9. Sólidos Sedimentables .....	11
2.2.10. Calidad del Agua.....	11
2.2.11. Contaminación de Aguas .....	12
2.2.12. Cuerpo de Agua.....	12
2.2.13. Cuerpo Receptor.....	12
2.2.14. Laboratorio Autorizado.....	13
2.2.15. Límite Permisible .....	13
2.2.16. Muestra de Agua .....	13
2.2.17. Punto de Muestreo .....	13
2.2.18. Recurso Hídrico .....	13
2.2.19. Valor Máximo Aceptable.....	13
2.3. MARCO LEGAL.....	13
2.3.1. Constitución Política del Estado .....	13
2.3.2. Ley 1333 de Medio Ambiente.....	14
2.3.3. Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH).....	14
2.3.4. Parámetros y sus Valores Máximos Admisibles del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica .....	17
2.3.5. Norma Boliviana NB 512: Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano .....	17
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
2.1. Localización del Área de Investigación. ....	20
2.2. Componente Biofísico.....	21
2.2.1. Clima.....	21

	<b>Página</b>
2.2.2. Pluviometría .....	22
2.2.3. Temperatura .....	22
2.2.4. Vientos .....	22
2.2.5. Recursos Hídricos .....	23
2.2.6. Caudales .....	23
2.2.7. Geología .....	23
2.2.8. Fisiografía .....	24
2.2.9. Suelos .....	24
2.2.10. Fauna .....	25
2.2.11. Flora .....	27
2.3. Materiales .....	27
2.4. Metodología .....	28
2.5. Técnicas que se Empleó .....	28
2.5.1. Investigación Bibliográfica o Documental.....	28
2.5.2. Técnica de la Observación .....	28
2.5.3. Técnica de Análisis de Laboratorio.....	29
2.6. Pasos que se siguieron para la Toma de Muestras .....	29
2.6.1. Método de Muestreo .....	29
2.6.2. Toma de Muestras .....	30
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
3.1. Resultado de los 10 Parámetros Analizados en el Laboratorio de COSSALT para la Clasificación del Cuerpo de Agua del Río Pajonal .....	32
3.1.1. Clasificación de los Parámetros de Control Mínimo del Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano (NB 512).....	48
3.1.2. Clasificación de los Parámetros Básicos del RMCH de la Ley 1333 de Medio Ambiente .....	52
3.2. Establecer los Posibles Usos del Agua del Río Pajonal.....	63

	<b>Página</b>
3.3. Discusión.....	64
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
4.1. Conclusiones .....	67
4.2. Recomendaciones.....	69
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	70



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

	<b>Página</b>
GRÁFICA 1. pH .....	49
GRÁFICA 2. Turbiedad.....	50
GRÁFICA 3. Coliformes Fecales .....	51
GRÁFICA 4. pH .....	53
GRÁFICA 5. Turbiedad.....	54
GRÁFICA 6. Coliformes Fecales .....	55
GRÁFICA 7. Color .....	56
GRÁFICA 8. Sólidos Totales Disueltos .....	57
GRÁFICA 9. Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	58
GRÁFICA 10. Sulfatos .....	59
GRÁFICA 11. Oxígeno Disuelto.....	60
GRÁFICA 12. Sólidos Sedimentables.....	61
GRÁFICA 13. Nitrógeno Total .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
TABLA 1. Parámetros de Control Mínimo.....	19

## ÍNDICE DE CUADRO

	<b>Página</b>
CUADRO 1. Clasificación de los Cuerpos de Agua Según su Aptitud de Uso.....	16
CUADRO 2. Valores Máximos Admisibles de los Parámetros a Muestrear.....	17
CUADRO 3. Promedio de Precipitación Anual y Mensual por Zona (mm) .....	22
CUADRO 4. Leyenda del Mapa Geológico .....	23
CUADRO 5. Las Principales Especies de Fauna del Municipio de Entre Ríos .....	26
CUADRO 6. Las Principales Especies de Flora del Municipio de Entre Ríos .....	27
CUADRO 7. Parámetros y Técnicas para análisis fisicoquímico y biológico de Laboratorio de COSSALT .....	29
CUADRO 8. Punto de Muestreo 1: Frente de la Terminal Nueva.....	32
CUADRO 13. Punto de Muestreo 2: Puente Vehicular de la Rotonda.....	38
CUADRO 18. Punto de Muestreo 3: Urbanización San Lorenzo.....	43

## ÍNDICE DE MAPA

	<b>Página</b>
MAPA 1. Mapa de ubicación del Área de Estudio .....	21

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1: Fotografías de la Toma de Muestras del Río Pajonal

ANEXO 2: Parámetros del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

ANEXO 3: Informes de COSSALT