

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE



TÍTULO:

**ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN LA POBLACIÓN A
PARTIR DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES EN LAS
VIVIENDAS DEL ÁREA URBANA DE ENTRE RÍOS - PROVINCIA O'
CONNOR APLICANDO LA HUELLA HÍDRICA**

Por:

ALAN ADEL GALLARDO ROCA

Modalidad de Graduación Tesis de Grado, presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Medio Ambiente.

GESTIÓN 2021

ENTRE RIOS - TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

A Dios, por darme salud y permitirme llegar a cumplir una meta más en mi vida. A mi madre Cristina Roca Yufra y mi padre Adel Gallardo Sardina por inculcarme valores y por su apoyo incondicional en todos estos años de estudio, que luchando contra toda adversidad confiando en Dios me brindaron la oportunidad de triunfar.

A mis abuelos Crescencio Roca Gallardo y Yolanda Yufra Cardozo por hacer todos estos años llenos de alegrías y dicha por tenerlos a mi lado.

A mi familia por la confianza depositada y los ánimos que siempre me fortalecieron en esta etapa de Estudio, les agradezco amada familia.

INDICE GENERAL

ADVERTENCIA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN.....	20
2. JUSTIFICACIÓN.....	21
3. ANALISIS DEL PROBLEMA	22
3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
4. HIPOTESIS.....	23
5. OBJETIVOS.....	23
5.1. Objetivo general.....	23
5.2. Objetivos específicos.....	23
CAPÍTULO I.....	25
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	25
1.1. ANTECEDENTES.....	26
1.2. MARCO CONCEPTUAL	28
1.2.1. Agua.....	28
1.2.2. Agua azul.....	28
1.2.3. Agua verde.....	29
1.2.4. Agua gris.....	29
1.2.5. Agua virtual	29
1.2.6. Huella Directa.....	29

1.2.7.	Huella Indirecta	29
1.2.8.	Huella de agua	30
1.2.9.	Huella de agua azul.....	30
1.2.10.	Huella de agua verde.....	30
1.2.11.	Usuario (consumidor).	30
1.2.12.	Consumo de agua potable.	30
1.3.	MARCO TEORICO.....	31
1.3.1.	Calidad de agua	31
1.3.2.	Agua.....	31
1.3.3.	Huella Hídrica.....	31
1.3.4.	Componentes básicos de la huella hídrica	32
1.3.5.	Tipos de huella hídrica	33
1.3.6.	Huella hídrica-Sector Publico.....	33
1.3.7.	Huella hídrica-Sector Residencial	34
1.3.8.	Huella hídrica-Sector Industrial.....	34
1.3.9.	Huella hídrica-Sector comercial	34
1.3.10.	Huella hídrica-Sector Agrícola	34
1.3.11.	Sustentabilidad y Sostenibilidad del agua.....	35
1.3.12.	Distribución y disponibilidad del agua	35
1.3.13.	Escasez del agua	35
1.3.14.	Razones para calcular la huella hídrica.....	36
1.3.15.	Medidas para reducir la huella hídrica.....	37
1.4.	MARCO LEGAL.....	37
1.4.1.	Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia.....	37
1.4.2.	Ley del Medio Ambiente. Ley N°1333	39

1.4.3.	Ley de los derechos de la Madre Tierra 071 de 21 de diciembre del 2010.	
	39	
1.4.4.	Ley marco de la madre tierra y desarrollo integral para vivir bien	39
CAPÍTULO II.....		43
MATERIALES Y METODOLOGÍA		43
2.1.1	Ubicación	44
2.1.2.	Macro Localización.....	46
2.1.3.	Micro Localización	47
2.1.4.	Características Físico Biológicas	47
2.2.	MATERIALES	49
2.2.1.	Materiales de campo.....	49
2.2.2.	Materiales de Aforo de Caudales	49
2.2.4.	Materiales de Gabinete.....	50
2.3.	METODOLOGÍA	50
2.3.1.	Método Analítica y Cuantitativa	50
2.3.2.	Método Descriptivo.....	51
2.4.	TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN.....	51
2.4.1.	Encuesta estructurada.....	51
2.4.2.	Encuesta Semiestructurada.....	52
2.4.3.	Observación directa.....	52
2.4.4.	Consultas Informales.....	52
2.5.	INSTRUMENTOS	53
2.5.1.	Consulta de bibliografía y documentación (internet, informes, etc.).....	53
2.5.2.	Trabajo de campo (visitas, cuestionario de encuesta, etc.)	53
2.6.	ESTRUCTURA METODOLÓGICA.....	53

2.6.1. Fase de gabinete	54
2.6.2. Fase de Campo	56
2.6.3. Fase de Postcampo	57
2.6.4. Calculo de la Huella Hídrica	58
2.6.5. Calculo de la Huella Hídrica Azul	59
2.6.6. Calculo de la Huella Hídrica Gris	59
2.6.6.1. Medición de Caudales del Efluente	60
2.6.6.2 Método empelado para la toma de Muestras	63
2.6.6.3. Preparación de las Muestras	63
2.6.6.4. Puntos de Recolección de Muestra de ARD	64
2.6.7. Calculo de la Huella Hídrica Indirecta	65
2.6.8. Calculo de la Huella Hídrica Verde	66
2.6.8.1. CROPWAT para cuantificación de HH Verde	66
2.6.9. Análisis de Sostenibilidad Huella Hídrica Azul	67
2.6.10. Calculo de Sostenibilidad HH azul	67
2.6.11. Análisis de Sostenibilidad Huella Hídrica Gris	68
2.6.12. Calculo de Sostenibilidad HH gris	68
CAPITULO III	69
ANÁLISIS DE RESULTADOS	69
3. RESULTADO Y DISCUSIONES	70
3.1. Resultado de la Estimación del consumo de agua actual de la población en las viviendas del área urbana de Entre Ríos.	70
3.1.1. Análisis de las encuestas vinculadas al Estudio	70
3.1.2. Información para la estimación de la HH indirecta	86
3.1.3. Información para la estimación de la HH Azul	88

3.1.4.	Información para la estimación de la HH Gris.....	92
3.1.4.1.	Medición de los caudales del Efluente.....	92
3.1.4.2.	Resultados de Laboratorios del Efluente y Afluente	97
3.1.4.3.	Resultado del Efluente parámetro DBO5	98
3.1.4.4.	Resultado del Afluente parámetro DBO5	99
3.1.5.	Información para la Estimación de la HH Verde	100
3.1.5.1.	Obtención de Datos mediante los Programas Cropwat.....	102
3.2.	Resultados de la Cuantificación de la HH evaluadas (Indirecta, Azul, Gris, Verde). Para la Estimación de la Huella Hídrica en las viviendas del Área Urbana de la Poblacion Entre Ríos.	109
3.2.1.	Calculo de la Huella Hídrica Indirecta.....	109
3.2.2.	Cálculo de Huella Hídrica Azul	111
3.2.3.	Calculo de la Huella Hídrica gris	113
3.2.4.	Calculo de la Huella Hídrica Verde	116
3.2.5.	Calculo de la Huella hídrica	118
3.3.	Resultado del Análisis de la sostenibilidad para plantear estrategias de reducción de consumo de agua en función a los resultados obtenidos en el consumo del recurso hídrico. 121	
3.3.1.	Análisis de HH Azul	121
3.3.2.	Análisis de la HH Gris	122
3.3.3.	Estrategias de Reducción de Consumo en base a los resultados Obtenidos	124
3.3.3.1.	Estrategia N°1 instalación de medidores.....	125
3.3.3.2.	Estrategia N°2 Cambio en los hábitos de consumo de Agua	125
3.3.3.3.	Estrategia N°3 Brindar Charlas de Educación Ambiental	126
3.3.3.4.	Estrategia N°4 Instalación de sistemas ahorradores en Baños y Duchas en las viviendas	127

3.3.3.5.	Estrategia N°5 Cambios Alimenticios.....	127
3.3.3.6.	Estrategia N° 6 Reciclaje del Agua en las Viviendas.....	128
3.3.3.7.	Estrategia N°7 Sostenibilidad de la Cuenca.....	130
CAPITULO IV		133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		133
4.1.	CONCLUSIONES.....	134
4.2.	RECOMENDACIONES	137
BIBLIOGRAFÍA		139
ANEXOS.....		142

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Enfoque y tipo de HH cuantificada por Sector	57
Cuadro 2. Sector de Estudio - HH Cuantificadas	58
Cuadro 3. Rango de Evaluación de Impactos Sobre los Requerimientos Ambientales de la Cuenca	68
Cuadro 4. Huella Hídrica de Algunos Productos Alimenticios Seleccionados de Origen Animal y Origen Vegetal.....	87
Cuadro 5. Dotación de Agua Potable de la Población de Entre Ríos	89
Cuadro 6. Distribución de Tanques a los Barrios	90
Cuadro 7. Datos de Consumo Promedio de Agua por habitante	91
Cuadro 8. Datos Para el Caudal del Efluente 1	93
Cuadro 9. Datos Para el Caudal del Efluente 2	95
Cuadro 10. Datos para el Caudal del Efluente 3.....	96
Cuadro 11. Resultado del Parámetro DBO5 de Efluentes	98
Cuadro 12. Resultado del Parámetro DBO5 de Afluentes	99
Cuadro 13. Áreas Verdes en el Área Urbana del Municipio Entre Ríos	100
Cuadro 14. Estimación de la HH Indirecta por productos.....	109
Cuadro 15. Comparación de las HH azul	112
Cuadro 16. Comparación de las HH gris	115
Cuadro 17. Comparación de la HH Directa.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conocimiento de la Huella Hídrica	70
Tabla 2. Uso Apropiado del Agua	72
Tabla 3. Actividad de Mayor Consumo de Agua	73
Tabla 4. Personas por Domicilio	74
Tabla 5. Cantidad y tipo de inodoros por Domicilio	75
Tabla 6. Uso del inodoro por día	76
Tabla 7. Cantidad y tipo de Ducha por vivienda	77
Tabla 8. Uso de Ducha	78
Tabla 9. Tiempo de Aseo personal	79
Tabla 10. Lavado de platos por día.....	80
Tabla 11. Lavado de ropa por semana.....	81
Tabla 12. Tiempo de Riego de Jardín.....	82
Tabla 13. Uso para lavado de Vehículo.....	83
Tabla 14. Productos consumidos de la Canasta Familiar	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje al conocimiento de la Huella Hídrica	71
Gráfico 2. Porcentaje de Uso apropiado de Agua	72
Gráfico 3. Porcentaje a la Actividad de Mayor Consumo de Agua	73
Gráfico 4. Porcentaje de personas por domicilio.....	74
Gráfico 5. Porcentaje de Cantidad y tipo de inodoro por Domicilio	75
Gráfico 6. Porcentaje de Uso del inodoro por día	77
Gráfico 7. Porcentaje de Cantidad y tipo de Ducha	78
Gráfico 8. Porcentaje de Uso de Ducha.....	79
Gráfico 9. Porcentaje de Tiempo de Aseo Personal	80
Gráfico 10. Porcentaje de Lavado de Platos por día.....	81
Gráfico 11. Porcentaje de Lavado de ropa por semana	82
Gráfico 12. Porcentaje de Tiempo de Riego de Jardín	83
Gráfico 13. Porcentaje de Uso para lavado de Vehículo	84
Gráfico 14. Porcentaje de Productos consumidos de la Canasta Familiar	85

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Mapa Ubicación de Bolivia y Tarija.....	44
Imagen 2. Mapa Ubicación de la Provincia O`Connor	45
Imagen 3. Plano Urbano Distribuidos por Barrios	46
Imagen 4. Mapa de los Puntos de Muestreo	65
Imagen 5. Mapa Áreas Verdes del Área Urbana de Entre Ríos	101
Imagen 6. Climwat estación Meteorológica	102
Imagen 7. Datos del Clima Cropwat	103
Imagen 8. Precipitación y Precipitación Efectiva.....	104
Imagen 9. Modulo Cultivo (Cobertura vegetal - Pasto)	105
Imagen 10. Modulo Cultivo (Cobertura Vegetal – Arbusto).....	105
Imagen 11. Módulo de Suelo Datos en base Soil Water	106
Imagen 12. Requerimiento de Agua para el Pasto.....	107
Imagen 13. Requerimiento de Agua para el arbusto	107

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuestas.....	143
Anexo 2. Aforo de Caudales de Aguas Residuales	151
Anexo 3. Toma de Muestras.....	153
Anexo 4. Datos para la estimacion de la HH verde en el software cropwat.....	158
Anexo 5. Resultados de laboratorio.....	165