



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Reutilización de Aguas Grises Tratadas por Soluciones Basadas
en la Naturaleza: Revisión Sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Cajachagua Arce, Ernesto (ORCID: 0000-0002-0867-6828)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi madre, por el amor infinito a sus hijos,
Por darme fuerzas, animo, motivación para
terminar la carrera

Sin ti no hubiera terminado esta hermosa
profesión. A ella dedico este trabajo.

A mi padre, por ser ejemplo de trabajo, respecto,
rectitud.

A mi amada esposa, por estar siempre a mi lado,
mi motivación, gracias por haberme apoyado
durante estos años de estudio.

A mis adorados hijos, Miguel Ángel, Joaquín,
Belén, por comprender y darme su tiempo
mientras duraron los estudios universitarios.

A mis hermanos David, Guillermo, Diego, gracias
por estar siempre juntos y siempre el apoyo para
terminar la carrera

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer especialmente a Dios, a mis padres, hermanos, esposa y a mis adorados hijos

Por todo el apoyo incondicional durante esta etapa.

Mi agradecimiento a la universidad cesar vallejo por la oportunidad de cumplir con nuestras metas

De igual manera, un saludo especial para el Doctor Yimi Lozano que fue mi asesor de tesis, por su dedicación y entrega por lograr que culminará mi tesis

Por último, un reconocimiento a los que estuvieron apoyándome en la realización de esta tesis.

Gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenido	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
Índice de Gráficos	vii
Índice de Abreviaturas	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. Introducción	1
II. Marco Teórico	4
III. Metodología	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización	19
3.3. Escenario de estudio	20
3.4. Participantes	20
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.6. Procedimiento	20
3.7. Rigor científico	22
3.8. Método de análisis de información	23
3.9. Aspectos éticos	23
IV. Resultados y Discusión	24
V. Conclusiones	36
VI. Recomendaciones	37
Referencias	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.	Diferentes fuentes de GW y sus componentes	6
Tabla N° 2.	Plantas acuáticas emergentes para el tratamiento de aguas residuales	9
Tabla N° 3.	Diferencias entre los sistemas de humedales artificiales de flujo superficial y subterráneo de agua libre	10
Tabla N° 4.	Matriz apriorística	19
Tabla N° 5.	Parámetros convencionales para caracterizar aguas grises	23
Tabla N° 6.	Clasificación de soluciones basadas en la naturaleza	27
Tabla N° 7.	Promedio de eficiencia presentada por las soluciones basadas en la naturaleza	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Sistema de paredes vivas (LWS) y techos como tratamiento de aguas grises	11
Figura N° 2. Plantas ornamentales aplicadas para el sistema de paredes vivas	12

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Clasificación de las aguas residuales	5
Gráfico N° 2. Procedimiento de recolección de información	21

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CW	: aguas grises
FWS	: superficie de agua libre
LWS	: sistema de paredes vivas
BIV	: vegetación integrada en la construcción
DBO	: demanda bioquímica de oxígeno
TSS	: sólidos suspendidos totales

RESUMEN

Este estudio cualitativo con un diseño narrativo de tópico, presentó un análisis sistemático de diversas literas científicas a nivel mundial buscando analizar cuáles son los aspectos más importantes de la reutilización de aguas grises tratadas por soluciones basadas en la naturaleza; para lo cual se obtuvo:

Los parámetros convencionales por lo general se encuentran clasificadas en parámetros físicos, químicos y biológicos, siendo entre los parámetros biológicos diversas Bacterias Indicadoras Fecales (FIB) usadas para la evaluación de patógenos; entre las cuales la *Escherichia coli* es la más utilizada. Las soluciones basadas en la naturaleza más empleadas son tres; los muros verdes presentan el mayor porcentaje de uso con un 67%, seguido de los techos verdes en un 17% y por último los humedales con un 16%. Además, se pudo determinar que los parámetros que controlan los procesos biogeoquímicos y físicos que ocurren a lo largo de cada vía, afectando la eficiencia del tratamiento son; los factores operativos. Por último, el promedio de eficiencia muestra que los sistemas generalmente exhibieron buenos rendimientos de eliminación de materia orgánica (DBO 5 y DQO), con tasas de eliminación que alcanzan el 90-99 % y concentraciones de salida que cumplen con las limitaciones para la mayoría de los reúsos de agua no potable. Así mismo, las paredes verdes y techos verdes que fueron los métodos más usados mostraron que se puede obtener una alta eficiencia de remoción (~80%) de materia orgánica y la eficiencia de remoción de nitrógeno total fue de alrededor del 60-80%.

Palabras clave: aguas grises, muros verdes, techos verdes, soluciones naturales, humedales

ABSTRACT

This qualitative study with a topical narrative design, presented a systematic analysis of various scientific literature worldwide seeking to analyze what are the most important aspects of the reuse of graywater treated by nature-based solutions; for which it was obtained:

Conventional parameters are generally classified into physical, chemical and biological parameters, being among the biological parameters various Fecal Indicator Bacteria (FIB) used for the evaluation of pathogens; among which *Escherichia coli* is the most used. The most used nature-based solutions are three; green walls present the highest percentage of use with 67%, followed by green roofs with 17% and finally wetlands with 16%. In addition, it was determined that the parameters that control the biogeochemical and physical processes that occur along each pathway, affecting the efficiency of the treatment are the operational factors. Finally, the average efficiency shows that the systems generally exhibited good organic matter removal efficiencies (BOD 5 and COD), with removal rates reaching 90-99 % and output concentrations that meet the limitations for most non-potable water reuses. Likewise, green walls and green roofs which were the most commonly used methods showed that high removal efficiency (~80%) of organic matter can be obtained and total nitrogen removal efficiency was around 60-80%.

Keywords: graywater, green walls, green roofs, natural solutions, wetlands.