

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA



## ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BIOJARDINERA MEDIANTE  
FITODEPURACIÓN, PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN  
DE AGUAS GRISES DOMICILIARIAS EN LA COMUNIDAD DE  
YAWARI”.**

Tesis previa a la obtención del Título de  
Ingeniero en Manejo y Conservación del  
Medio Ambiente.

**AUTOR:** Shiguango Shiguango Omar José  
**DIRECTOR DE TESIS:** Ing. Fausto Ramiro García Vasco; Mg.Sc.

**Loja – Ecuador**

**2016**

## **AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

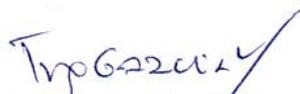
ING. FAUSTO RAMIRO GARCÍA VASCO; Mg.Sc.

**DOCENTE DE LA CARRERA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE TENA.**

### **CERTIFICA:**

Que el presente Trabajo de Titulación titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BIOJARDINERA MEDIANTE FITODEPURACIÓN, PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES DOMICILIARIAS EN LA COMUNIDAD DE YAWARI**”, desarrollado por **Shiguango Shiguango Omar José**, ha sido elaborada bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exige los respectivos reglamentos e instrumentos. Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Tena, 04 de octubre del 2016.



Ing. Fausto Ramiro García Vasco; Mg.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Tena, 18 de noviembre del 2016

## CERTIFICACIÓN

Los miembros del Tribunal de Grado abajo firmantes, certificamos que el Trabajo de Titulación denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BIOJARDINERA MEDIANTE FITODEPURACIÓN, PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES DOMICILIARIAS EN LA COMUNIDAD DE YAWARI”**, presentado por el señor: **Shiguango Shiguango Omar José**, de la Carrera de Manejo y Conservación del Medio Ambiente del Plan de Contingencia de la Universidad Nacional de Loja, Sede Tena, ha sido corregida y revisada; por los que autorizamos su presentación.

**ATENTAMENTE**



Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña; Mg.Sc.

**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**



Lcdo. Diego Patricio Chiriboga Coca; Mg.Sc.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Washington Enrique Villacís Zapata; Mg.Sc.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## AUTORÍA

Yo, **SHIGUANGO SHIGUANGO OMAR JOSÉ**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de Titulación en el repositorio institucional- biblioteca Virtual.

**AUTOR:** Shiguango Shiguango Omar José

**FIRMA:**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Omar Shiguango', is written over a horizontal line.

**CÉDULA:** 150062468-7

**FECHA:** Loja, Noviembre del 2016

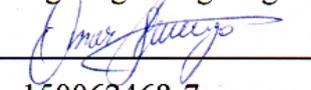
**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, **SHIGUANGO SHIGUANGO OMAR JOSÉ**, declaro ser autor, de la Tesis titulada: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BIOJARDINERA MEDIANTE FITODEPURACIÓN, PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES DOMICILIARIAS EN LA COMUNIDAD DE YAWARI”**. como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**: autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional. Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la Ciudad de Loja, a los 22 días del mes de noviembre del 2016, firma el autor.

**AUTOR:** Shiguango Shiguango Omar José

**FIRMA:** 

**CÉDULA:** 150062468-7

**DIRECCIÓN:** Archidona, Barrio: Yawari Dirección: Yawari Km 1½ vía Archidona – Baeza.

**CORREO ELECTRÓNICO:** oshiguango@hotmail.com

**TELÉFONO:** 06 2889 688 **CELULAR:** 0979154641

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**DIRECTOR DE TESIS:** Ing. Fausto Ramiro García Vasco., Mg.Sc.

**TRIBUNAL DE GRADO:**

Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña., Mg.Sc.

**PRESIDENTA**

Lcd. Diego Patricio Chiriboga Coca; Mg.Sc

**VOCAL**

Ing. Washington Enrique Villacís Zapata; Mg.Sc.

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico con mucho afecto y cariño a mis padres José y Rosario, quienes con su ejemplo de superación supieron brindarme todo el apoyo para la culminación de mi carrera profesional.

A mis hermanos Javier, Jefferson y Alondra quienes supieron motivarme dándome ánimos día a día. A mis amigos y familiares quienes me apoyaron incondicionalmente cuando más lo necesitaba, para seguir adelante y lograr mis metas propuestas.

Shiguango Shiguango Omar José

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos quienes hicieron posible la culminación de la presente Tesis.

Mis agradecimientos muy especiales a mi director de Tesis, el Ing. Fausto Ramiro García Vasco; Mg.Sc., quien me apoyó en todo momento, con sugerencias en el desarrollo de la fase de campo, análisis de datos y en la dirección y revisión de este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional de Loja, al Área de Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables, a través de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, donde obtuvimos los conocimientos técnicos que han contribuido a nuestra formación profesional. A los miembros del tribunal calificador de la tesis: Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña; Mg.Sc., Lcdo. Diego Patricio Chiriboga Coca; Mg.Sc., Ing. Washington Enríque Villacís Zapata; Mg.Sc. Por sus valiosas sugerencias en el proceso de elaboración del presente trabajo de investigación.

Shiguango Shiguango Omar José

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁG.
PORTADA .....	i
AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	iii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE CUADROS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xviii
A. TÍTULO .....	1
B. RESUMEN .....	2
C. INTRODUCCIÓN.....	4
D. REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
4.1. Biojardinera .....	6
4.1.1. Ventajas y Desventajas de la Biojardinera .....	6
4.1.2. Tratamiento Primario .....	7
4.1.3. Tratamiento Biológico (Biojardinera) .....	8
4.1.4. Disposición final de las aguas (Vertido o Aprovechamiento).....	8
4.1.5. Vegetación.....	8
4.1.6. Mantenimiento de la Biojardinera .....	8
4.2. Aguas residuales domésticas .....	9
4.2.1. Aguas Grises .....	9

4.3.	Fitodepuración.....	11
4.3.1.	Humedales Artificiales .....	13
4.3.2.	Humedales de Flujo subsuperficial .....	15
4.4.	Calidad del agua .....	20
4.4.1.	Parámetros Físicos del agua .....	21
4.4.2.	Parámetros Químicos .....	22
4.4.3.	Parámetros Biológicos.....	24
4.4.	Muestreo de aguas .....	24
4.4.1.	Muestreo de aguas residuales y naturales.....	24
4.5.	Marco Legal .....	27
4.5.1.	Constitución de la República del Ecuador (2008).....	27
4.5.2.	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).....	30
4.5.3.	Acuerdo Ministerial N°061. Del 04 de Mayo del 2015. ....	30
4.5.4.	Ley de Prevención y control de la Contaminación Ambiental. Expedido el 10 de septiembre de 2004.....	31
4.5.5.	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Expedido el 06 de agosto de 2014. Segundo Suplemento.....	32
4.5.6.	Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 2169) Agua, calidad del Agua, muestreo.....	32
4.6.	Marco Conceptual .....	36
<b>E.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
5.1.	Materiales .....	38
5.1.1.	Equipos.....	38
5.1.2.	Materiales .....	38
5.1.3.	Herramientas .....	39
5.1.4.	Instrumentos .....	39
5.2.	Métodos .....	40
5.2.1.	Ubicación del área de estudio.....	40
5.2.2.	Ubicación política .....	40
5.2.3.	Ubicación geográfica.....	40
5.3.	Aspectos biofísicos y climáticos .....	44
5.3.1.	Aspectos biofísicos.....	44
5.3.2.	Aspectos climáticos.....	48

5.4.	Tipo de investigación .....	53
5.4.1.	Investigación descriptiva.....	53
5.4.2.	Investigación de campo .....	53
5.4.3.	Investigación Documental.....	54
5.5.	Levantar la línea base de la Comunidad de Yawari .....	54
5.5.1.	Identificación del área de estudio.....	54
5.5.2.	Levantamiento de Información .....	54
5.6.	Diseñar y construir una Biojardinera mediante Fitodepuración, para el tratamiento de aguas grises en una vivienda de la Comunidad de Yawari. .....	57
5.6.1.	Selección del diseño .....	57
5.6.2.	Construcción de la Biojardinera .....	58
5.6.3.	Construcción del tratamiento primario.....	59
5.6.4.	Selección de plantas macrófitas emergentes. ....	61
5.6.5.	Vertido ó aprovechamiento de las aguas tratadas .....	61
5.6.6.	Costo de Construcción .....	61
5.7.	Evaluar la eficiencia de la Biojardinera mediante la interpretación del análisis físico-químico del agua. ....	61
5.7.1.	Procedimientos para el muestreo de agua para el análisis físico-químico del agua .....	61
5.7.2.	Determinación de parámetros para el análisis de laboratorio .....	62
5.7.3.	Comparación de los parámetros físicos y químicos del agua.....	63
<b>F.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
6.1.	Levantar la línea base de la Comunidad Yawari.....	64
6.1.1.	Identificación del área de estudio.....	64
6.1.2.	Levantamiento de Información .....	64
6.2.	Diseñar y construir una Biojardinera mediante Fitodepuración, para el tratamiento de aguas grises en una vivienda de la Comunidad de Yawari. .....	86
6.2.1.	Selección del diseño .....	86
6.2.2.	Construcción de la Biojardinera .....	87
6.2.3.	Construcción del tratamiento primario.....	92
6.2.4.	Selección de plantas macrófitas emergentes. ....	94
6.2.5.	Vertido ó aprovechamiento de las aguas tratadas .....	95

6.2.6.	Costo de Construcción .....	95
6.3.	Evaluar la eficiencia de la Biojardinera mediante la interpretación del análisis físico-químico del agua. ....	96
6.3.1.	Procedimientos para el muestreo de agua para el análisis físico-químico del agua .....	97
6.3.2.	Determinación de parámetros para el análisis de laboratorio .....	99
6.3.3.	Comparación de los parámetros físicos y químicos del agua.....	101
<b>G.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>111</b>
7.1.	Levantar la línea base de la Comunidad Yawari.....	111
7.2.	Diseñar y construir una Biojardinera mediante Fitodepuración, para el tratamiento de aguas grises en una vivienda de la Comunidad de Yawari. ....	112
7.3.	Evaluar la eficiencia de la Biojardinera mediante la interpretación del análisis físico-químico del agua. ....	113
<b>H.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>114</b>
<b>I.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>115</b>
<b>J.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>116</b>
<b>K.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>120</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Nº	PÁG.
Cuadro 1.	Comparación entre humedales artificiales de flujo Subsuperficial horizontal y vertical ..... 15
Cuadro 2.	Flora representativa del sector ..... 44
Cuadro 3.	Especies de aves más representativas del sector..... 45
Cuadro 4.	Especies de mamíferos del sector ..... 46
Cuadro 5.	Reptiles más representativos..... 46
Cuadro 6.	Especies de anfibios del sector ..... 46
Cuadro 7.	Parámetros físicos y químicos del agua ..... 62
Cuadro 8.	Cronograma de trabajo en campo ..... 72
Cuadro 9.	Plantas utilizados en la Biojardinera..... 94
Cuadro 10.	Etiqueta de identificación para el análisis físico-químico del agua. 98

## ÍNDICE DE TABLAS

Nº		PÁG.
Tabla 1.	Características de sustratos utilizados en los HAFSS.....	18
Tabla 2.	Coordenadas del Área de estudio.....	40
Tabla 3.	Temperatura mensual 2015 (°C).....	48
Tabla 4.	Precipitación mensual 2015 .....	49
Tabla 5.	Humedad relativa mensual 2015.....	50
Tabla 6.	Velocidad y dirección del viento mensual 2015.....	51
Tabla 7.	Nubosidad mensual 2015 .....	52
Tabla 8.	Edad .....	73
Tabla 9.	Nacionalidad .....	74
Tabla 10.	Género.....	75
Tabla 11.	¿Cuál es su actividad económica? .....	76
Tabla 12.	¿Cuántas personas habitan en su casa? .....	77
Tabla 13.	¿Cuántas veces al día se baña? .....	78
Tabla 14.	¿Cuántas veces al día se cepilla los dientes? .....	79
Tabla 15.	¿Cada qué tiempo usted lava la ropa?.....	80
Tabla 16.	Al lavar la ropa, usted utiliza: .....	81
Tabla 17.	¿Sabe usted que son aguas servidas? .....	82
Tabla 18.	Las aguas servidas de su hogar son descargadas a: .....	83
Tabla 19.	¿Cree usted que las descargas de las aguas servidas, causan daño al ambiente? .....	84
Tabla 20.	¿Construiría usted un sistema de tratamiento de aguas servidas para su casa? .....	85
Tabla 21.	Dimensiones de la Biojardinera .....	86
Tabla 22.	Materiales utilizados en la construcción de la biojardinera .....	87
Tabla 23.	Costo de construcción de la Biojardinera .....	95
Tabla 24.	Resultados de los parámetros físicos y químicos del agua .....	99
Tabla 25.	Comparación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	101
Tabla 26.	Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) ....	102
Tabla 27.	Comparación de Aceites y grasas .....	103

Tabla 28.	Comparación del Potencial Hidrógeno (pH) .....	104
Tabla 29.	Comparación de Cloruros .....	105
Tabla 30.	Comparación de Sulfatos .....	106
Tabla 31.	Comparación de Fluoruros.....	107
Tabla 32.	Comparación de Sólidos Totales .....	108
Tabla 33.	Comparación de Sólidos Suspendidos Totales .....	109
Tabla 34.	Comparación de Fósforo Total .....	110

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

N°		PÁG.
Gráfico 1.	Temperatura 2015 °C.....	49
Gráfico 2.	Precipitación 2015 (mm) .....	50
Gráfico 3.	Humedad relativa 2015 .....	51
Gráfico 4.	Velocidad del viento 2015 .....	52
Gráfico 5.	Nubosidad mensual 2015.....	53
Gráfico 6.	Pregunta 1 .....	73
Gráfico 7.	Pregunta 2 .....	74
Gráfico 8.	Pregunta 3 .....	75
Gráfico 9.	Pregunta 4 .....	76
Gráfico 10.	Pregunta 5 .....	77
Gráfico 11.	Pregunta 6 .....	78
Gráfico 12.	Pregunta 7 .....	79
Gráfico 13.	Pregunta 8 .....	80
Gráfico 14.	Pregunta 9 .....	81
Gráfico 15.	Pregunta 10 .....	82
Gráfico 16.	Pregunta 11 .....	83
Gráfico 17.	Pregunta 12 .....	84
Gráfico 18.	Pregunta 13 .....	85
Gráfico 19.	Comparación de la Demanda Química de Oxígeno.....	101
Gráfico 20.	Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	102
Gráfico 21.	Comparación de Aceites y grasas .....	103
Gráfico 22.	Comparación del pH .....	104
Gráfico 23.	Comparación de Cloruros .....	105
Gráfico 24.	Comparación de Sulfatos .....	106
Gráfico 25.	Comparación de Fluoruros.....	107
Gráfico 26.	Comparación de Sólidos Totales .....	108
Gráfico 27.	Comparación de Sólidos Suspendidos Totales .....	109
Gráfico 28.	Comparación de Fósforo Total .....	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

Nº		PÁG.
Figura 1.	Esquema de humedales construidos de flujo superficial y subsuperficial con flujo horizontal y con flujo vertical. ....	14
Figura 2.	Mapa de ubicación del área de estudio .....	41
Figura 3.	Mapa Político del Cantón Archidona.....	42
Figura 4.	Mapa de Ubicación Geográfica de la Comunidad Yawari .....	43
Figura 5.	Volumen del recipiente .....	59
Figura 6.	Nivel de referencia de la Biojardinera .....	60
Figura 7.	Diseño de la Biojardinera .....	86

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Nº	PÁG.
Fotografía 1. Ejecución de la encuesta a los habitantes de la comunidad.....	71
Fotografía 2. Excavación del terreno .....	89
Fotografía 3. Colocación de tubos (salida de aguas grises del tratamiento primario) .....	90
Fotografía 4. Colocación de piedra bola y piedra triturada.....	91
Fotografía 5. Colocación de recipientes (Tratamiento primario).....	93
Fotografía 6. Biojardinera (3 semanas) .....	94
Fotografía 7. Ejecución de la encuesta.....	127
Fotografía 8. Preparación de materiales de construcción.....	127
Fotografía 9. Piedra triturada .....	128
Fotografía 10. Piedra bola .....	128
Fotografía 11. Excavación del terreno (Construcción) .....	129
Fotografía 12. Colocación del plástico y piedra bola.....	129
Fotografía 13. Colocación de piedra triturada.....	130
Fotografía 14. Colocación de hormigón armado al borde de la biojardinera.....	130
Fotografía 15. Visita del Director de Tesis .....	131
Fotografía 16. Toma de muestra de aguas grises tratadas.....	131
Fotografía 17. Etiquetado de la muestra .....	132
Fotografía 18. Tanque de tratamiento primario con residuos sólidos.....	132
Fotografía 19. Recolección de residuos sólidos .....	133
Fotografía 20. Entierro de residuos sólidos con cal .....	133

## ÍNDICE DE ANEXOS

Nº		PÁG.
Anexo 1.	Encuesta .....	120
Anexo 2.	Mapa de suelos de la Provincia de Napo (Variable tipos de Pendientes).....	122
Anexo 3.	Mapa de suelos de la Provincia de Napo (Variable Taxonomía) ..	123
Anexo 4.	Resultado del análisis físico-químico del agua (Muestra 1) .....	124
Anexo 5.	Mantenimiento de la Biojardinera .....	126
Anexo 6.	Fotografías .....	127
Anexo 7.	Plano de la Biojardinera.....	134
Anexo 8.	Tabla de materiales según la Alianza por el Agua (2014).....	135

## **A. TÍTULO**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BIOJARDINERA MEDIANTE FITODEPURACIÓN, PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES DOMICILIARIAS EN LA COMUNIDAD DE YAWARI”.**

## B. RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la Comunidad de Yawari, perteneciente a la Parroquia y Cantón Archidona, de la Provincia de Napo, con la finalidad de diseñar y construir una biojardinera (humedal artificial) para el tratamiento y reutilización de aguas grises, generadas por los hogares del sector, mediante la fitodepuración de aguas. La metodología se aplicó a través de la recopilación de información *in situ*, implementación y evaluación de la biojardinera después de su construcción, mediante la interpretación del análisis físico-químico del agua. La biojardinera fue construida en una vivienda de la comunidad, siendo sus dimensiones: 1,50 m de ancho, 4,00 m de largo y 0,70 m de profundidad. En la biojardinera se sembraron las siguientes plantas: *Canna indica*, *Canna x generalis*, *Costus scaber*, *Heliconia latisphata*, *Heliconia rostrata* y *Hedychium coronarium*, siendo plantas locales con capacidad depurativa de contaminantes. Los criterios utilizados para evaluar los resultados obtenidos fue aplicando la metodología del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA; se determinó que los parámetros como Aceites y grasas, Potencial hidrógeno (pH), Cloruros (Cl<sup>-</sup>), Sulfatos (SO<sub>4</sub>), Fluoruros (F<sup>-</sup>) sólidos totales (ST), Sólidos Suspendedos Totales (SST) y Fósforo Total (P) están por debajo de los límites máximos permisibles, excepto la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), concluyendo que después de siete semanas de tratamiento en la biojardinera, las aguas grises tratadas no son adecuadas para la descarga a un cuerpo de agua dulce.

**Palabras clave:** Biojardinera, Línea base, Calidad del agua, Fitodepuración.

## ABSTRACT

This research was conducted in the Community of Yawari, of the parish and Canton of Archidona, in the Province of Napo, in order to design and build an artificial wetland for the treatment and reuse of gray water generated by the sector's households through the filtering and purification of water. The methodology was applied through the collection of information *in situ*, implementation and evaluation of the artificial wetland after its construction, by interpreting the physical-chemical water analysis. The artificial wetland was constructed in a house in the community, and its dimensions were: 1.50 m wide, 4.00 m long and 0.70 m deep. The following plants were sown in the artificial wetland: *Canna indica*, *Canna x generalis*, *Costus scaber*, *Heliconia latisphata*, *Heliconia rostrata* and *Hedychium coronarium* being local plants capable of purifying pollutants. The criteria used to evaluate the obtained results was the methodology outlined by the Unified Secondary Legislation Environment Ministry (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente or TULSMA) text; it was determined that the parameters such as oils and fats, hydrogen potential (pH), chlorides (Cl<sup>-</sup>), Sulfates (SO<sub>4</sub>), Fluorides (F<sup>-</sup>) total solids (TS), Total Suspended Solids (TSS) and Total Phosphorus (P) are below the maximum permissible limits, except the Chemical Oxygen Demand (COD) and Biochemical Oxygen Demand (BOD 5). It was concluded that after seven weeks of treatment in the artificial wetland, the treated grey water is not suitable for discharge into a body of fresh water.

**Keywords:** Biojardinera, Baseline, Water Quality, Phytodepuration.

## C. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales generadas en los hogares no muy a menudo son tratadas, y esto ha ocasionado diversos problemas ambientales y sociales. Las biojardineras son unidades para el tratamiento de aguas residuales, principalmente las que provienen de una vivienda, aunque también se usan en proyectos de dimensiones mayores como comunidades, residenciales, industrias u hoteles. (Tecnológica, 2012)

Según el INEC 2010, en Achidona el 79,76% (1.044 hogares) del sector urbano tiene conexión a la red pública de alcantarillado en el sector urbano frente a un 5% (182 hogares) del sector rural, quienes prefieren hacerlo conectado a un pozo séptico o pozo ciego en un 54,81%, o simplemente no tienen un 27,32%. Entre el sector urbano y rural un 13,77% lo hacen con descarga directa al río.

El propósito de esta investigación fue construir una biojardinera para el tratamiento y reutilización de las aguas grises domésticas, mediante fitoduperación. Ya que la mayor parte de los habitantes de la Comunidad Yawari, descarga directamente las aguas grises a la superficie o estero del sector. Y esto ha ocasionado diversos problemas ambientales. Con el diseño y construcción de la biojardinera, permitirá al usuario que necesite depurar las aguas grises de su casa, tener un modelo de biojardinera para su posterior construcción; además de la obtención de información ambiental del área de estudio, ya que muchas de las veces existes proyectos de las instituciones gubernamentales que necesitan de ésta información, la cual es de mucha ayuda.

Esta investigación se realizó durante los meses de junio a septiembre del 2016, en este tiempo se recabó información social y ambiental del sector, se diseñó y construyó la biojardinera para el tratamiento de aguas grises domiciliarias; además se tomó una muestra de agua para el análisis físico-químico de la misma, y así evaluar las eficiencia de la biojadinera, con el propósito de conocer la calidad del agua ya tratada.

La importancia de la aplicación de éstos métodos de tratamiento de aguas grises, es una alternativa que se debe tomar en cuenta debido a su bajo costo, fácil construcción y por ser ecológico. En este estudio se presentan los resultados obtenidos, y la eficiencia obtenida en cuanto a la remoción de carga contaminante de las aguas residuales, de acuerdo al Anexo 1, Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

Los objetivos planteados para el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

### **Objetivo General.**

- Diseñar e implementar una Biojardinera mediante Fitodepuración, para el tratamiento y reutilización de las aguas grises domiciliarias en la Comunidad de Yawari.

### **Objetivos Específicos.**

- Levantar la línea base de la Comunidad de Yawari.
- Diseñar y construir una biojardinera mediante Fitodepuración, para el tratamiento de aguas grises en una vivienda de la Comunidad de Yawari.
- Evaluar la eficiencia de la Biojardinera mediante la interpretación del análisis físico-químico del agua.

## **D. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. Biojardinera**

Según ACEPESA (2005) menciona que “una biojardinera es un recipiente o excavación impermeable. Se podría construirse con diferentes materiales como concreto, ferrocemento, bloques o ladrillos, plástico reforzado con fibra de vidrio o simplemente logrando impermeabilizar el suelo con telas de plástico o con el mismo suelo, si es arcilloso” (p.1).

#### **4.1.1. Ventajas y Desventajas de la Biojardinera**

ACEPESA (2005) refiere que las ventajas y desventajas de una biojardinera son las siguientes:

##### **a) Ventajas:**

- Es un sistema muy simple, donde el agua fluye por gravedad y puede funcionar sin necesidad de equipos de bombeo.
- Al funcionar como una jardinera, es una solución agradable, de belleza natural, que a la vez mejora la calidad del agua antes de regresarla a la naturaleza.
- El uso de las Biojardineras sirve para el tratamiento de todas las aguas grises (sin excretas) salientes de una vivienda.
- Las Biojardineras ayudan a la conservación del medio ambiente, dando la posibilidad de reutilizar las aguas tratadas para riego de áreas de cultivo, por ejemplo: huertos familiares.
- Al utilizarse la biojardinera para el tratamiento de aguas grises, sin haberlas mezclado con las aguas provenientes del inodoro, el grado de

contaminación es menor, por lo que las aguas que salen son de mejor calidad.

**b) Desventajas:**

- Se requiere de un tiempo prudencial para que las plantas se adapten al medio.
- Después de un tiempo las rocas empiezan a mostrarse en un estado colmatado que no es más que la progresiva saturación de los poros existentes entre las mismas.
- Se requiere de un área amplia para su construcción, que no siempre está disponible.
- Es necesario dar mantenimiento continuo al sistema, para que este sea sostenible en el tiempo.

**4.1.2. Tratamiento Primario**

Según HABITAR (2010), en esta etapa se separa la mayor cantidad de sólidos, tanto flotantes como los más pesados, que pueden ser decantados situándose en la parte inferior del primer tanque. Se produce una separación de las grasas y detergentes, que quedarán en la parte superior del depósito, mediante la diferencia de pesos específicos.

Además se coloca también un segundo tanque con las mismas características, permitiendo la separación de los sólidos pesados y grasas que puedan escaparse del primer tanque. Para los sistemas de biofiltración actualmente promovidos, se utilizan dos tanques separadores de grasas en serie, con el fin de garantizar una mayor remoción de sólidos pesados y grasas.

#### **4.1.3. Tratamiento Biológico (Biojardinera)**

Según ACEPESA (2005), las piedras trabajan como filtros que van reteniendo las partículas disueltas que aún le quedan al agua después del tratamiento primario.

El agua gris contiene nutrientes como nitrógeno y fósforo (que vienen principalmente de los detergentes y jabones). Las plantas se pueden alimentar de estos nutrientes, tomándolos del agua y aprovechándolos para su crecimiento. (HABITAR, 2010)

#### **4.1.4. Disposición final de las aguas (Vertido o Aprovechamiento)**

Esta agua, presenta una ausencia de gran parte del material orgánico y por ser clara y sin turbidez, permite a la familia su reutilización como agua de riego, lavado de lampazo o limpieza de letrinas. Esta agua también puede ser infiltrada para recarga de acuífero. (HABITAR, 2010)

#### **4.1.5. Vegetación**

Las plantas se alimentan de los nutrientes que hay en las aguas bajo tratamiento, evaporan y transpiran agua al realizar sus funciones, así como por sus raíces inyectan oxígeno al agua. Es muy importante sembrar en la biojardinera plantas que les guste vivir en agua más que en tierra (plantas macrófitas), para que realicen mejor su función limpiadora. (ACEPESA, 2005)

#### **4.1.6. Mantenimiento de la Biojardinera**

Según ACEPESA (2005), se deben tomar en cuenta las siguientes medidas:

- Las unidades para el tratamiento primario requieren de mantenimiento frecuente que dependerá de la cantidad de personas que habiten en la casa.
- Los trabajos de mantenimiento deben considerar la inspección de estas cámaras, por lo menos una vez a la semana.
- Se deben remover las grasas flotando y los sólidos depositados en el fondo.
- Esos materiales que se recojan se depositarán en recipientes para su posterior tratamiento. Son desechos sólidos se podrán enterrar. Es importante agregarles cal con el fin de evitar olores y además para que los sólidos se deshidraten.
- Es conveniente verificar con cierta frecuencia el estado de la línea de ventilación, la cual siempre debe tener su salida en partes altas, superior al nivel de la nariz de las personas.

## **4.2. Aguas residuales domésticas**

Son las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas. (Alianza por el Agua, 2008)

### **4.2.1. Aguas Grises**

Según Rull (2007), las aguas grises son todas aquellas aguas procedentes de aparatos sanitarios o electrodomésticos con un porcentaje escaso o nulo de arrastre de sólidos en suspensión. Los aparatos cuya evacuación origina este tipo

de aguas son por ejemplo lavabos, bidés, urinarios, duchas, fregaderos, lavaderos, bañeras, lavavajillas y lavadoras.

SARAR TRANSFORMACION SC, menciona que las aguas grises o jabonosas se generan en las actividades cotidianas de aseo personal y del hogar. Las aguas grises son aguas que provienen únicamente de lavabos, fregaderos, lavaderos, regaderas y lavadoras.

Normalmente, estas aguas no son tan peligrosas para la salud o el medio ambiente como las aguas negras (que son las que provienen de los escusados / inodoros), pero sí contienen cantidades significativas de nutrientes, materia orgánica y bacterias.

**a) Beneficios de las aguas grises**

Reutilizar las aguas grises es un componente importante de las prácticas sustentables del uso de agua, hay muchos beneficios en el uso de las aguas grises en lugar de agua potable para el riego. (Greywater Action, 2015)

**b) Cuestiones básicas de las aguas grises**

Las aguas grises son una fuente única de agua y deben usarse de forma diferente al agua potable o al agua de lluvia, ya que existen diversos contaminantes presentes en el agua residual. (Greywater Action, 2015)

**c) Jabón y productos**

Las aguas grises pueden ser una fuente de buena calidad para el agua de riego o un peligro para las plantas: todo depende de los jabones y productos que se usan dentro de casa. (Greywater Action, 2015)

#### **d) Tratamiento de Aguas Grises**

Existe una gran variedad de sistemas para recuperar aguas grises. Estos sistemas ocupan procesos que pueden ser de tipo primario, secundario o terciario. Los tratamientos pueden ser químicos, como coagulación y floculación; físicos, como filtración y decantación; biológicos como lodos activados, filtros biológicos aireados y humedales; y de desinfección, como cloración, ozonificación y radiación UV. (Franco, 2007)

#### **e) Reutilización de las Aguas Grises**

Los sistemas de reutilización de aguas grises consisten en la recogida de las aguas procedentes de duchas y bañeras para alimentar las cisternas de los inodoros. A partir de este principio básico se han desarrollado diferentes modelos que se adaptan a cualquier tipo de edificio, desde viviendas hasta complejos deportivos. (Diputación de Barcelona, 2010)

### **4.3. Fitodepuración**

Los sistemas de fitodepuración, también denominados humedales artificiales o fitodepuradoras son sistemas de depuración totalmente naturales que aprovechan la contribución de la capacidad depurativa de diferentes tipos de plantas, así como su elevada capacidad para transferir oxígeno al agua. (AGUASRESIDUALES.INFO, 2010)

Se basa en los procesos biológicos, físicos y químicos que se desarrollan en la percolación del agua a través de un medio filtrante de arena, grava y piedras y con la ayudas de plantas acuáticas, enraizadas en el medio filtrante. Se diferencian de los sistemas de flujo vertical por la modalidad de distribución del líquido en el interior de las balsas, que se realiza de forma intermitente, y por el flujo hidráulico, que en este caso es preferentemente vertical. (ECODENA, 2015)

Se dividen principalmente en sistemas de flujo sumergido (cuando el agua fluye por debajo de un medio filtrante) y sistemas de flujo superficial (cuando el agua está en contacto con la atmósfera). (AGUASRESIDUALES.INFO, 2010)

**a) Principales ventajas del sistema de Fitodepuración:**

- Sistema totalmente ecológico, natural y sostenible.
- Soporta fuertes variaciones de carga hidráulica y orgánica.
- Ausencia de olores, insectos y ruidos molestos.
- Posibilidad de tratar diferentes tipos de aguas. (urbanas, industriales, etc.)
- Sin consumo de energía eléctrica.
- Estética muy agradable.
- Óptima integración en cualquier entorno natural.
- Mínimo mantenimiento.
- En las balsas de fitodepuración no existe producción de lodos.

**b) Principales Aplicaciones:**

- Viviendas y urbanizaciones de vacaciones.
- Poblaciones de hasta 2.000 habitantes.
- Viviendas y núcleos urbanos rurales.
- Hoteles, campings, casas rurales.
- Edificaciones en parques naturales.
- Edificios en espacios protegidos.
- Bodegas, explotaciones ganaderas.
- Actividades turísticas.
- Lixiviados de distintas procedencias.
- Mataderos y aguas industriales.
- Aguas residuales con fuertes variaciones de caudales.

### **4.3.1. Humedales Artificiales**

Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

Según Morales Mira (2008), los primeros experimentos que usaron las macrofitas en humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales fueron hechos por Kathe Seidel en Alemania a comienzos de los años 50, en el Instituto Max Planck. Los humedales construidos de flujo subsuperficial horizontal fueron iniciados por Seidel al final de los años 60 y mejorados por Reinhold Kickuth bajo el nombre de método de la zona de la raíz al final de los 60 y comienzos de los años 70.

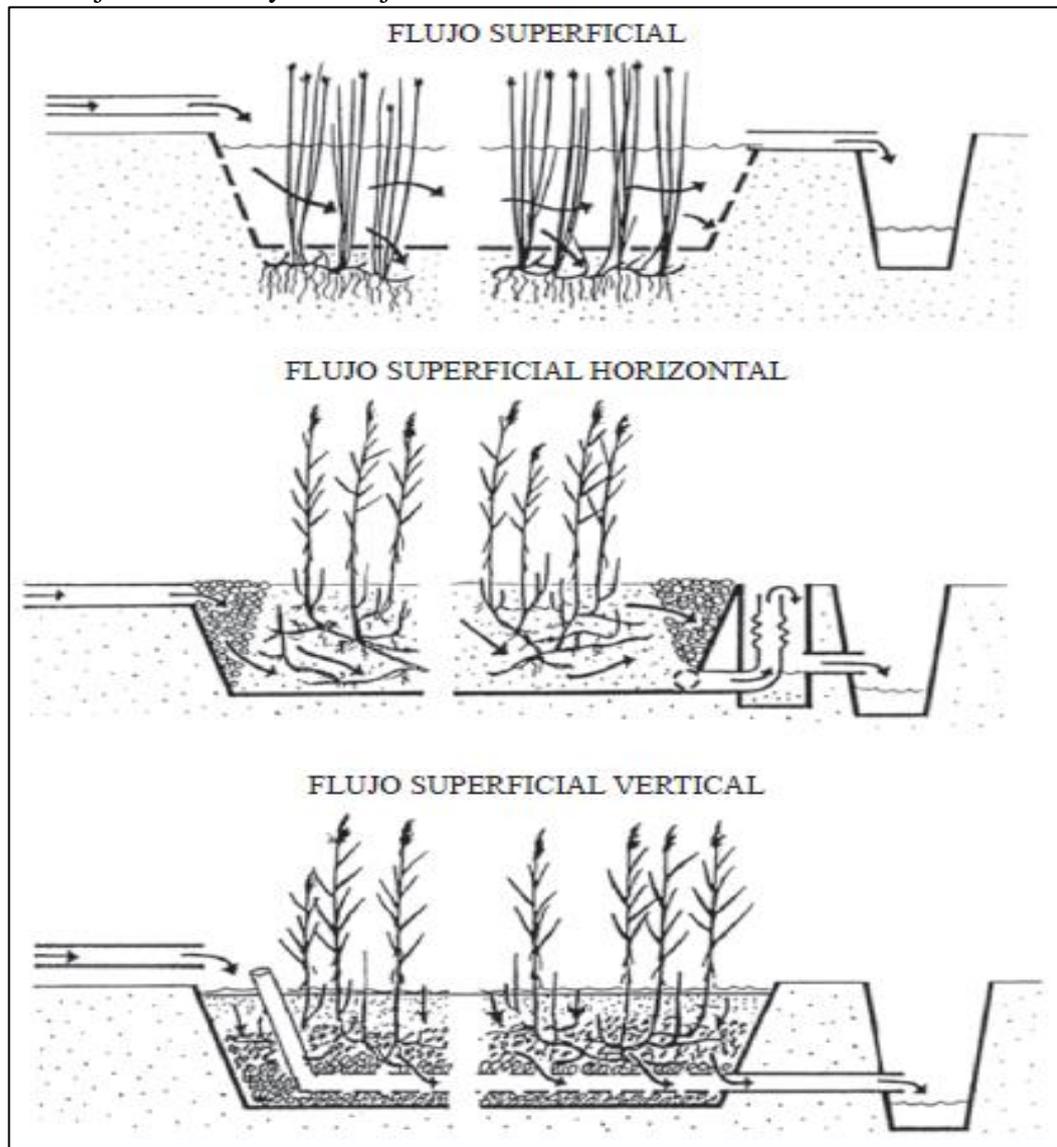
El funcionamiento de los humedales artificiales se fundamenta en tres principios básicos: la actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante. En conjunto, estos elementos eliminan materiales disueltos y suspendidos en el agua residual y biodegradan materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

#### **a) Clasificación de los Humedales Artificiales**

Se han propuesto diversos diseños de humedales artificiales a lo largo de su desarrollo tecnológico. Las variables de diferenciación pueden hacer referencia al sistema de flujo del agua residual, sustrato o lecho utilizado, vegetación y sucesión de unidades de tratamiento. En cuanto a la dirección del movimiento del

agua a través del humedal se consideran los siguientes tipos: horizontal, vertical, flujo superficial y flujo subsuperficial. (Fernández González, 2009)

**Figura 1.** Esquema de humedales construidos de flujo superficial y subsuperficial con flujo horizontal y con flujo vertical.



**Fuente:** Tendencias de la investigación en ingeniería ambiental (Gladis Morales, 2008)

En los humedales de flujo superficial el agua se expone directamente a la atmósfera y circula con preferencia a través de los tallos de los macrófitos (ver figura 1). Este tipo de humedales se pueden asimilar como una modificación del lagunaje convencional con menor profundidad (no más de 0,4 m) y con plantas.

En los humedales de flujo subsuperficial (horizontal o vertical) la circulación del agua es por debajo de la superficie de un medio granular (profundidad de la lámina de agua de alrededor de 0,6 m) y en contacto con los rizomas y raíces de los macrófitos. (Morales Mira, 2008)

#### 4.3.2. Humedales de Flujo subsuperficial

Los sistemas de flujo subsuperficial (conocidos en inglés como *subsurface flow constructed wetlands*), se caracterizan por que la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular (subterráneo), con una profundidad de agua cercana a los 0,6 m. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

Los humedales de flujo subsuperficial pueden ser de dos tipos: (a) en función de la forma de aplicación de agua al sistema: humedales de flujo subsuperficial horizontal y (b) humedales de flujo subsuperficial vertical. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

**Cuadro 1.** Comparación entre humedales artificiales de flujo Subsoperficial horizontal y vertical

Aspectos	Horizontal	Vertical
<b>Funcionamiento</b>	Continuo	Discontinuo
<b>Estado oxidación</b>	Más reducido	Más oxidado
<b>Eficiencia</b>	Más superficie	Menos superficie
<b>Carga superficial</b>	4-6 g DBO/m <sup>2</sup> *d	20-40 g DBO/m <sup>2</sup> *d
<b>Nitrificación</b>	Complicada	Se consigue
<b>Operación</b>	Sencilla	Más compleja

Fuente: Depuración de Aguas Residuales por medio de humedales artificiales. (Delgadillo, 2010)

#### a) Ventajas y desventajas de los humedales subsuperficiales

Según Morales Mira (2008), los humedales artificiales subsuperficiales tienen las siguientes ventajas y desventajas:

**Ventajas:**

- Su mantenimiento es sencillo y mínimo.
- La eficiencia que se puede obtener puede superar a otras opciones de tratamiento como son el biológico y el químico.
- Pueden soportar variaciones de caudal y carga del influente.
- Presentan bajos costos de construcción, energía requerida y explotación.
- No se generan olores, no suelen aparecer problemas de moscas y mosquitos.
- Ofrecen espacios de recreación y se integran bien con el paisaje.
- Su desarrollo presenta un proceso netamente natural y no tiene ninguna limitación.

**Desventajas:**

- Requieren de grandes extensiones de tierra.
- Larga puesta en marcha. Desde 3 a 6 meses.
- Debido al número de procesos y mecanismos involucrados, su diseño se hace complejo y los criterios de diseño y funcionamiento no son suficientemente conocidos.

- El sistema una vez entra en operación presenta bajas o pocas posibilidades de control.
- Necesita de hasta tres estaciones de crecimiento de las plantas para alcanzar el máximo rendimiento.

**b) Elementos de los humedales de flujo subsuperficial**

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial están constituidos básicamente por cuatro elementos: agua residual, sustrato, vegetación y microorganismos. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

- **Agua residual**

Las aguas residuales son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

- **Sustrato (medio granular)**

En los humedales, el sustrato está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico. La principal característica del medio es que debe tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con pocos finos.

El tamaño del medio granular afecta directamente al flujo hidráulico del humedal y por ende en el caudal de agua a tratar. Si el lecho granular está constituido por elevadas cantidades de arcilla y limo, se consigue una mayor capacidad de absorción y una mejor filtración, ya que la adsorción es alta y el diámetro de los huecos es pequeño. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

**Tabla 1.** Características de sustratos utilizados en los HAFSS.

<b>Tipo de medio</b>	<b>Tamaño efectivo d10 (mm)</b>	<b>Porosidad (ps)</b>	<b>Conductividad hidráulica (m/d)</b>
Arena media	1	0,30	492,00
Arena gruesa	2	0,32	984,00
Arena pedregosa	8	0,35	4.920,00
Grava mediana	32	0,40	9.840,00
Grava gruesa	128	0.45	98.400,00

**Fuente:** Manual de depuración de aguas residuales urbanas. (Alianza por el agua)

- **Vegetación**

El papel de la vegetación en los humedales está determinado fundamentalmente por las raíces y rizomas enterrados. Las plantas son organismos foto autótrofos, es decir que recogen energía solar para transformar el carbono inorgánico en carbono orgánico.

Tienen la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces. Este oxígeno crea regiones aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

- **Microorganismos**

Los microorganismos se encargan de realizar el tratamiento biológico. En la zona superior del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y elementos traza y la desinfección.

La actividad microbiana tiene la función de transformar un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas e insolubles y alterar las condiciones de potencial de reducción y oxidación del sustrato afectando así a la capacidad de proceso del humedal.

Debido a la actividad biológica, muchas de las sustancias contaminantes se convierten en gases que son liberados a la atmósfera. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

- c) **Aspectos a considerar en los humedales subsuperficiales**

El tipo de flujo y la profundidad del humedal influyen en su eficiencia hidráulica, y el tiempo de retención hidráulico influye en mejorar la calidad del agua tratada. Una de las plantas más utilizadas en los humedales subsuperficiales es el Carrizo (*Phragmites australis*), la cual es una gramínea que puede liberar hasta 4.3 gr de O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/día, sus rizomas penetran verticalmente y profundamente y tiene una alta tolerancia a la salinidad.

Otras plantas son platanillo (*Heliconia caribaea lam*), natural de zonas húmedas tropicales. Papiro (*Cyperus papyrus*), prospera en zonas tropicales y húmedas. Tifa (*Tyfa latifolia*), crece bajo diversas condiciones ambientales, aunque tiene baja penetración en la grava pero se propaga fácilmente. (Morales Mira, 2008)

#### **d) Mecanismos de remoción de contaminantes**

En un humedal artificial se desarrollan diferentes mecanismos de remoción de contaminantes del agua residual. Evidentemente, un amplio rango de procesos biológicos, químicos y físicos tiene lugar. Por lo tanto, la influencia e interacción de cada componente involucrado es bastante compleja. (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010)

- **Funciones de las macrófitas en los mecanismos de remoción**

Según Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade (2010), las macrófitas están adaptadas a crecer bajo condiciones de suelos saturados por agua, porque tienen desarrollado un sistema de grandes espacios aéreos internos. Estos sistemas internos les permiten la provisión de aire bajo condiciones de suelo saturado con agua desde la atmósfera hacia las raíces y rizomas. En algunas especies este sistema ocupa más del 60% del volumen total del tejido.

Las macrófitas poseen varias propiedades que hacen de ellas un importante componente de los humedales construidos. Entre estas propiedades, los efectos físicos como la estabilización de la superficie de los humedales construidos y la prevención de taponamientos de la matriz son muy importantes. Además, proveen buenas condiciones para la filtración física y una superficie grande para el crecimiento microbiano adjunto. Otra de sus propiedades es la transferencia de oxígeno a la rizósfera.

#### **4.4. Calidad del agua**

La calidad de un ambiente acuático se puede definir como: i) Una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, y ii) la composición y el estado de la biota acuática presente en el cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua. (Sierra Ramírez, 2011)

#### **4.4.1. Parámetros Físicos del agua**

##### **a) Temperatura**

Es un parámetro básico para los seres vivos, influye en la solubilidad de las sales, gases, pH y en la conductividad eléctrica. Existe una estrecha relación entre la densidad del agua y su temperatura. (Jaramillo Garcés & Vizúete Montero, 2013)

##### **b) Color**

Algunos productos de desecho alteran considerablemente el color de las aguas, ocasionando una contaminación estética y dificultando los procesos de fotosíntesis e intercambio de oxígeno. (Jaramillo Garcés & Vizúete Montero, 2013)

##### **c) Sólidos totales**

Los sólidos totales es la suma de los sólidos disueltos y en suspensión que la muestra de agua pueda contener. Se puede decir que las aguas naturales son un conjunto de agua con sólidos disueltos y suspendidos. (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas )

##### **d) Sólidos suspendidos**

Los sólidos en suspensión es el material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas, y que causa en el agua la propiedad de turbidez. Cuanto mayor es el contenido de sólidos en suspensión, mayor es el grado de turbidez. (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas )

#### **4.4.2. Parámetros Químicos**

##### **a) Potencial Hidrógeno (pH)**

Es la medida de la concentración del ion hidrógeno en las aguas residuales, se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno pueden alterar fuertemente la biota de las fuentes receptoras y casi siempre son fatales para los microorganismos; las aguas con pH menor a 6 favorecen mayormente el crecimiento de hongos frente al crecimiento de bacterias. (Carpio, 2013)

##### **b) Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

La DQO es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua, oxidables en unas condiciones determinadas, es la medida del material oxidable, cualquiera sea su origen, biodegradable y no biodegradable. Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos, acuíferos, etc.) las aguas residuales o cualquier agua que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. (Jaramillo Garcés & Vizúete Montero, 2013)

##### **c) Cloruros**

El ion cloruro ( $\text{Cl}^{-1}$ ) es uno de los iones inorgánicos que se encuentra en mayor cantidad en las aguas. En el agua potable, el sabor salado producido por la concentración de cloruros es variables. Un elevado contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de las plantas. (Ojeda Cuadros, 2012)

##### **d) Sulfatos**

El sulfato es el resultado de la oxidación del ácido sulfhídrico  $\text{H}_2\text{S}$  originalmente presente en el agua o en el acuífero. Altos niveles de este

compuesto no presentan toxicidad pero si problemas en la calidad y usos del agua.  
(Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas )

**e) Fluoruros**

La presencia de flúor en el agua es un problema que se presenta con mucha frecuencia en yacimientos subterráneos sobreexplotados o cuando las condiciones de mineralización del yacimiento donde se encuentra el acuífero favorecen la presencia de flúor en el agua, por lixiviación de minerales que contienen este anión.

Aunque puede ocurrir, es difícil de atribuir la alta concentración de flúor en el agua como una consecuencia de la actividad del hombre. El flúor en el agua es un tema de discusión muy polémico y de actualidad. (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas )

**f) Fósforo**

Aunque el fósforo no presenta toxicidad en los seres vivos, la presencia de fosfatos en aguas potables indica la posibilidad de contaminación del acuífero por aguas contaminadas o aguas residuales. Debido a que el fósforo se encuentra presente en cantidades relativamente altas en aguas residuales y aguas de riego agrícola, su presencia en valores mayores a los valores normales en aguas potables, puede deberse a una contaminación o infiltración de aguas residuales al yacimiento de agua potable, si se debe a la infiltración de aguas residuales sin tratamiento previo, también son un riesgo al consumidor de estas fuentes de agua natural. (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas )

#### **4.4.3. Parámetros Biológicos**

##### **a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La DBO se define como la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente en el agua mediante la acción de bacterias en condiciones aerobias. La DBO es causada por la respiración de bacterias que cesarán al agotarse totalmente la materia orgánica.

La DBO es de tipo biológico, para ello se debe simular las condiciones en que la demanda ocurre en los medios naturales, con presencia de oxígeno, nutrientes y a una temperatura adecuada. Es parámetro más usado para determinar la contaminación orgánica tanto en aguas residuales como en aguas superficiales, se aplica principalmente en el control de tratamiento primario en las estaciones depuradoras. (Jaramillo Garcés & Vizuete Montero, 2013)

#### **4.4. Muestreo de aguas**

Previo a un muestreo es importante tener claramente definida la forma como serán tomadas las muestras, chequeando el presupuesto, el personal con que se cuenta, la capacitación del personal, el transporte, los costos de inversión, los costos de operación y mantenimiento, la vida útil de los equipos, los requerimientos de energía y espacio y la disponibilidad de los mismos, entre otros. Se muestran tres tipos de muestreo de utilidad en la actualidad, muestreo de agua de proceso, muestreo de agua potable y muestreo de aguas residuales y superficiales. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

##### **4.4.1. Muestreo de aguas residuales y naturales**

Describir los procedimientos de muestreo de aguas naturales y residuales para la realización de análisis físico-químico, el alcance son todos los muestreos

de aguas naturales y residuales (por tanto, se excluyen los de agua potable), lo cual incluye entre otros. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

- **Aguas residuales:** Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales y/o domésticas. Puntos de descarga internos o externos de industrias. Redes de alcantarillado.
- **Aguas naturales:** Marinas, tanto en playas como estuarios, bahías o mar abierto  
Interiores: ríos, lagunas, caños, ciénagas y pozos.

**a) Etapas a seguir**

- **Definición del plan de muestreo**

Este aspecto es primordial, pues posibilitará la obtención de muestras representativas del fenómeno que se desee estudiar, por lo que es conveniente realizarlo conjuntamente con el cliente. Cuando se trate de un sitio de muestreo nuevo, se recopilará toda la información posible antes de realizar el trabajo, lo cual puede incluir visita previa y/o reunión con el cliente. Siempre que sea factible y que la complejidad esperada lo amerite, debe disponerse de un croquis, mapa o dibujo del sitio. En caso contrario, una vez en el sitio se procederá de forma operativa a fin de ejecutar el muestreo en la forma más adecuada.

El tipo (puntual o compuesta) y número de muestras a recolectar y los parámetros a determinar en cada una de ellas, determinarán los frascos (número y características) y equipos de medición y muestreo necesarios. Para aquellos parámetros que requieren preservantes, estos se añadirán previamente a los frascos de recolección. Cuando el muestreo implique también la obtención de muestras de agua potable, éstas deben recolectarse inicialmente y conservarse en neveras diferentes. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

- **Ejecución del muestreo:**

**Identificación de las muestras y registro de las condiciones de muestreo:** cada frasco será rotulado con el nombre del punto de muestreo y para clientes externos, con el nombre de estos. En la(s) planilla(s) de muestreo correspondiente, se consignará toda la información necesaria como fecha y hora de recolección, tipo de muestra (puntual o compuesta), parámetros medidos en el sitio y cualquier observación que contribuya a esclarecer las condiciones de la muestra.

En lo posible se recomienda establecer puntos de muestreo permanentes, tratando de asegurar condiciones de muestreo reproducibles. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

**Determinación de parámetros *in situ*:** se medirán directamente en el cuerpo de agua. En los casos que esta operación se dificulte y se obtenga una muestra con algún dispositivo de muestreo (como frasco, botella muestreadora o balde), estos parámetros deben medirse a la mayor prontitud posible directamente en dicho dispositivo para así minimizar cualquier error. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

**Muestras puntuales:** se recolectarán directamente en los frascos asignados o con el dispositivo de muestreo adecuado, según resulte más conveniente. Antes de ser llenados, los frascos deben ser enjuagados por lo menos tres veces con la muestra a analizar, siempre y cuando no tengan preservativo o estén previamente esterilizados, en cuyos casos, se omite el enjuague.

Cuando eventualmente deba obtenerse la muestra en el frasco y esto resulte irrealizable, se obtendrá una alícuota del dispositivo de muestreo empleado, previo a medición de parámetros *in situ* y/u obtención de otras alícuotas. Toda situación que se desvíe del procedimiento de muestreo

establecido, debe consignarse en la planilla de muestreo. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)

**Muestras compuestas:** se observarán las precauciones descritas previamente para las muestras puntuales. Las muestras compuestas se preparan mezclando varias muestras puntuales o mediante la recolección de una fracción continua de la descarga o cuerpo de agua a muestrear; las porciones individuales se recogen a intervalos de tiempo previamente establecidos, preferiblemente en envases de boca amplia y volumen en función de los análisis a realizar.

#### **4.5. Marco Legal**

##### **4.5.1. Constitución de la República del Ecuador (2008).**

**Título II, derechos, capítulo segundo, derechos del Buen Vivir, sección primera, agua y alimentación.**

**Art. 12.-** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

## **Capítulo séptimo, derechos de la naturaleza.**

**Art. 71.-** La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observaran los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

## **Título V, organización territorial del estado, capítulo cuarto, régimen de competencias.**

**Art. 264.-** Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

**Título VI, régimen de desarrollo, capítulo quinto, sectores estratégicos, servicios y empresas públicas.**

**Art. 318.-** El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

**Título VII, régimen del buen vivir, capítulo segundo, biodiversidad y recursos naturales.**

**Art. 397.-** En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental.

**Sección sexta, agua.**

**Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

#### **4.5.2. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).**

##### **Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Anexo 1, Libro VI.**

La siguiente norma técnica ambiental está revisada y actualizada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La norma técnica determina o establece:

- a. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y, Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua. (MAE, Norma de la Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, 2016)

##### **Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.**

Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.

#### **4.5.3. Acuerdo Ministerial N°061. Del 04 de Mayo del 2015.**

Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. Se deroga expresamente el Acuerdo Ministerial No. 028, publicado en la Edición Especial

No. 270 de 13 de febrero de 2015 y su reforma contenida en el Acuerdo Ministerial Nro. 052 de fecha 12 de marzo de 2015. (MAE, Acuerdo Ministerial N° 061. Reforma Libro VI TULSMA, 2015)

**4.5.4. Ley de Prevención y control de la Contaminación Ambiental.  
Expedido el 10 de septiembre de 2004.**

**Capítulo II, de la prevención y control de la contaminación de las aguas.**

**Art. 6.-** Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

**Art. 7.-** El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

**Art. 8.-** Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

**Art. 9.-** Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

**4.5.5. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Expedido el 06 de agosto de 2014. Segundo Suplemento.**

**Artículo 66.-** Restauración y recuperación del agua. La restauración del agua será independiente de la obligación del Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos afectados por la contaminación de las aguas o que dependan de los ecosistemas alterados.

**4.5.6. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN 2169) Agua, calidad del Agua, muestreo.**

Según el cuarto literal del INEN 2169 Agua, calidad del Agua, muestreo:

**4 Manejo y Conservación de muestras.**

4.1 El uso de recipientes apropiados.

4.1.1 Es muy importante escoger y preparar los recipientes.

4.1.2 El recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben:

- a. Ser causa de contaminación (por ejemplo: recipientes de vidrio borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio);
- b. Absorber o adsorber lo constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los metales puede ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificado las muestras);
- c. Reaccionar con cierto constituyente de la muestra (por ejemplo: los fluoruros reaccionar con el vidrio).

4.1.3 El uso de recipientes opacos o de vidrio ámbar puede reducir las actividades fotosensitivas considerablemente.

4.1.4 Es preferible reservar un juego de recipientes para las determinaciones especiales de forma que se reduzcan al mínimo los riesgos de contaminación cruzada.

## 4.2 Preparación de recipientes

### 4.2.1 Recipiente de muestras para análisis químicos

4.2.1.1 Para el análisis de trazas de constituyentes químicos, de agua superficial o residual, es necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra, el tipo e limpiador usado y el material de recipiente varían de acuerdo a los constituyentes a ser analizados.

4.2.1.2 El recipiente nuevo de vidrio, se debe lavar con agua y detergente para retirar el polvo y los residuos de material de empaque, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada.

### 4.3) Llenado del recipiente.

4.3.1) En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taponarlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evitara la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor de pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitarles; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

4.3.3) Los recipientes cuyas muestras se van a congelar como método de conservación, no se deben llenar completamente.

4.4) Refrigeración y congelación de las muestras.

4.4.1) Las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó. Los recipientes se deben llenar casi pero no completamente.

4.4.2) La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se deben usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.

4.4.3) El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto periodo de tiempo antes del análisis.

El enfriamiento no se debe considerar como un método de almacenamiento para largo tiempo, especialmente en el caso de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales.

4.7) Identificación de las muestras

4.7.1) Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error.

4.7.2) Anotar, en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los preservantes adicionales, tipo de análisis a realizarse, etc.)

#### 4.8) Transporte de las muestras

- 4.8.1) Los recipientes que contengan la muestra deben ser protegidos y sellados de manera que no se determine o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte.
- 4.8.2) El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.
- 4.8.3) Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz, de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable.
- 4.8.4) Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de preservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis; y su resultado analítico debe ser interpretado por un especialista.

#### 4.9) Recepción de las muestras en el laboratorio

- 4.9.1) Al arribo al laboratorio, las muestras deben, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido.
- 4.9.2) Es recomendable para este propósito el uso de refrigerantes o de lugares fríos y oscuros.
- 4.9.3) En todos los casos y especialmente cuando se requiera establecer la cadena de custodia es necesario verificar el número recibido, contra el registro del número de recipientes enviados por cada muestra.

#### **4.6. Marco Conceptual**

**Aguas residuales.-** Las aguas de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

**Biojardinera.-** Se utilizan para el tratamiento de aguas residuales que provienen de una vivienda: aguas grises (contaminadas con los jabones y productos de limpieza que se utiliza en la cocina, lavaderos y baños) y aguas negras (contaminadas con orina y heces fecales),

**Carga contaminante.-** Cantidad de contaminante aportada en una descarga de agua residual, expresada en unidad de masa por unidad de tiempo.

**Carga máxima permisible.-** Es el límite de carga que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado.

**Caudal.-** Cantidad de agua que lleva el río en un punto y momento concreto de su recorrido por unidad de tiempo.

**Cuerpo receptor o cuerpo de agua.-** Es todo río, lago laguna aguas subterráneas, cause, depósito de agua, corriente, zona marina, estuarios, que sea susceptible de recibir directa o indirectamente las descargas de agua residual.

**Depuración.-** Es la remoción de sustancias contaminantes de las aguas residuales para disminuir su impacto ambiental.

**Descargar.-** Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado en forma continua, intermitente o fortuita.

**Especie.-** Conjunto de individuos con características comunes transmisibles por herencia, inter fértiles pero aislados genéticamente por barreras generalmente

sexuales de las restantes especies, con un género de vida común una distribución geográfica precisa.

**Familia.-** Categoría taxonómica intermedia superior al género e inferior al orden.

**Fitodepuración.-** Técnica de purificación caracterizada por tratamientos de tipo biológicos, en el cual las plantas creciendo en agua saturada de nutrientes desarrollan un papel clave y directo sobre las bacterias que colonizan el sistema de raíces y al rizoma.

**Género.-** Categoría taxonómica intermedia entre la familia y la especie. El género es un grupo convencional, no susceptible de una definición tan precisa como la especie.

**Legislación ambiental.-** Conjunto de leyes, normas y disposiciones jurídicas que permiten ejercer una acción legal para la protección del medio ambiente.

**Muestra.-** Subconjunto de elementos pertenecientes a una cantidad sometida a estudio; cada uno de los elementos empleados en el estudio de una comunidad

**Muestreo.-** Operación de separar un número previo fijado de muestras de una comunidad, población

**Oxígeno disuelto.-** Es el oxígeno libre que se encuentra en el agua, vital para las formas de vida acuática y para la prevención de olores.

**pH.-** Indica la concentración de iones hidronio  $[H_3O]^+$  presentes en determinadas disoluciones.

## **E. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Materiales**

En ésta investigación se utilizaron los siguientes equipos, materiales y herramientas.

#### **5.1.1. Equipos**

- GPS portátil marca GARMIN OREGON 64S
- Cámara Fotográfica marca: Sony DCS W830
- Termómetro de mercurio (-10 a 110 °C)
- Equipos de Protección Personal
- Computador portátil

#### **5.1.2. Materiales**

- Recipientes plásticos 30 galones
- T's PVC 1,50 pulgadas
- Tubería PVC 1,50 pulgadas
- Tubería PVC 1 pulgada
- Tapones PVC 1,50 pulgadas
- Unión PVC 1
- Unión PVC 1,50 pulgadas
- Codo sanitario 1 pulgada
- Pegatanque
- Teflón
- Plástico
- Cartón

- Piedra bola 12 pulgadas
- Piedra triturada 1 pulgada
- Cemento
- Arena
- Plantas macrófitas emergentes

### **5.1.3. Herramientas**

- Pala
- Carretilla
- Machete
- Flexómetro
- Cuerda
- Marcadores
- Sierra
- Terraja
- Taladro
- Amoladora
- Bailejo
- Nivel
- Marcadores permanentes
- Envases de 2 litros
- Cooler

### **5.1.4. Instrumentos**

- Mapa del Cantón Archidona
- Matrices
- Encuesta

## 5.2. Métodos

### 5.2.1. Ubicación del área de estudio

La Comunidad de Yawari se encuentra ubicada dentro del área del pueblo Kichwa de Rukullakta, en la Parroquia y Cantón Archidona de la Provincia de Napo. Las coordenadas del lugar, donde se realizó el estudio fueron tomadas en base a la proyección UTM-WGS84-Z18S. (Ver figura 2)

**Tabla 2.** Coordenadas del Área de estudio

<b>Punto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Altitud</b>	<b>Descripción</b>
P1	188573	9901125	623 msnm	Biojardinera

Elaborado por: El Autor

### 5.2.2. Ubicación política

El Cantón Archidona administrativamente se encuentra dividido en cuatro parroquias: Archidona (cabecera cantonal), Cotundo, San Pablo de Ushpayacu y Hatun Sumaku.

Sus límites actuales son:

**Norte:** Cantón Quijos

**Sur:** Cantón Tena

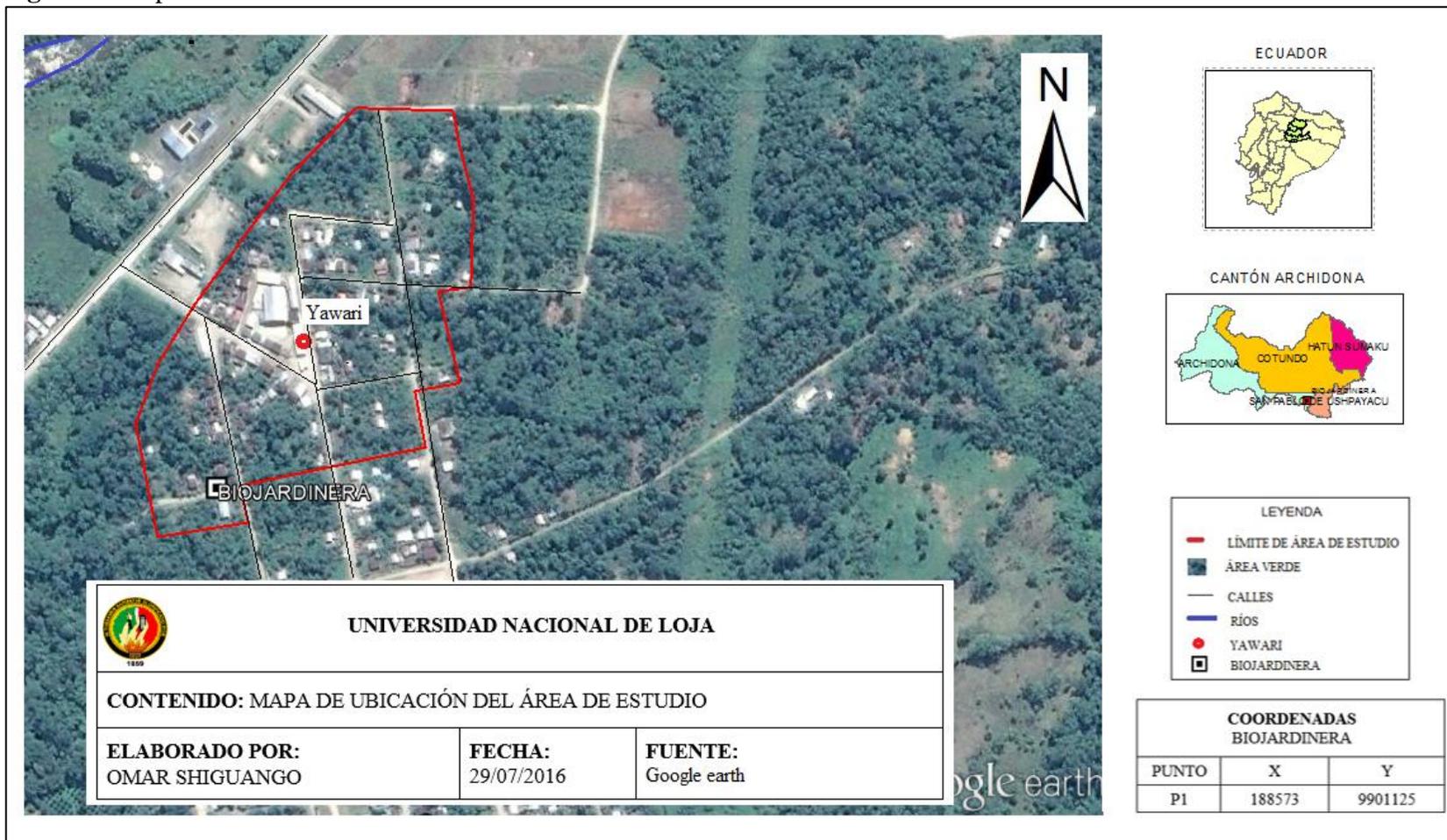
**Este:** Provincia de Orellana

**Oeste:** Provincia de Pichincha y Cotopaxi (Ver figura 3)

### 5.2.3. Ubicación geográfica

El Cantón Archidona se encuentra ubicado al nororiente del Ecuador, situada en la región amazónica ecuatoriana e incluyendo parte de las laderas de los Andes. (Ver figura 4)

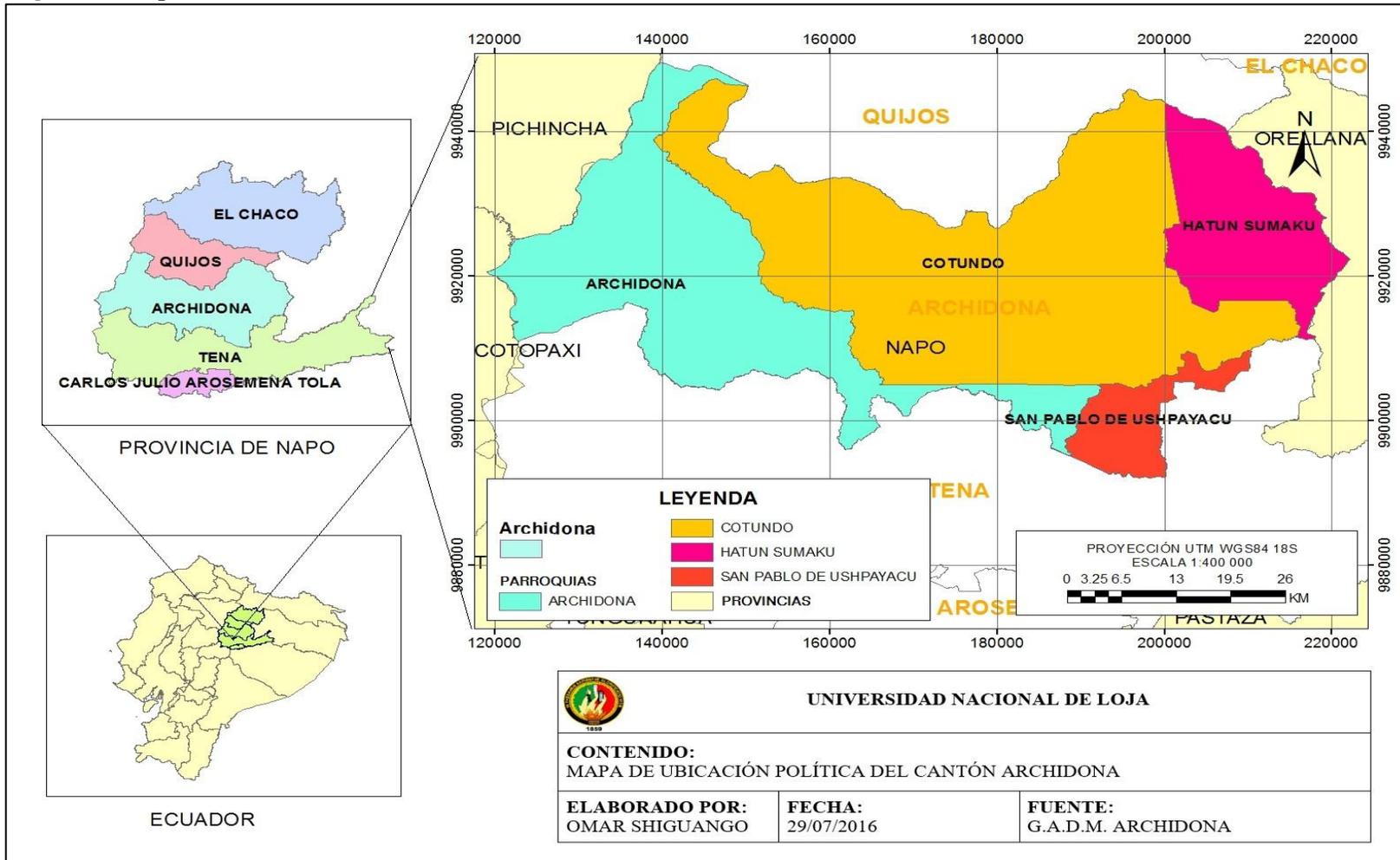
**Figura 2.** Mapa de ubicación del área de estudio



**Fuente:** Google earth 2016

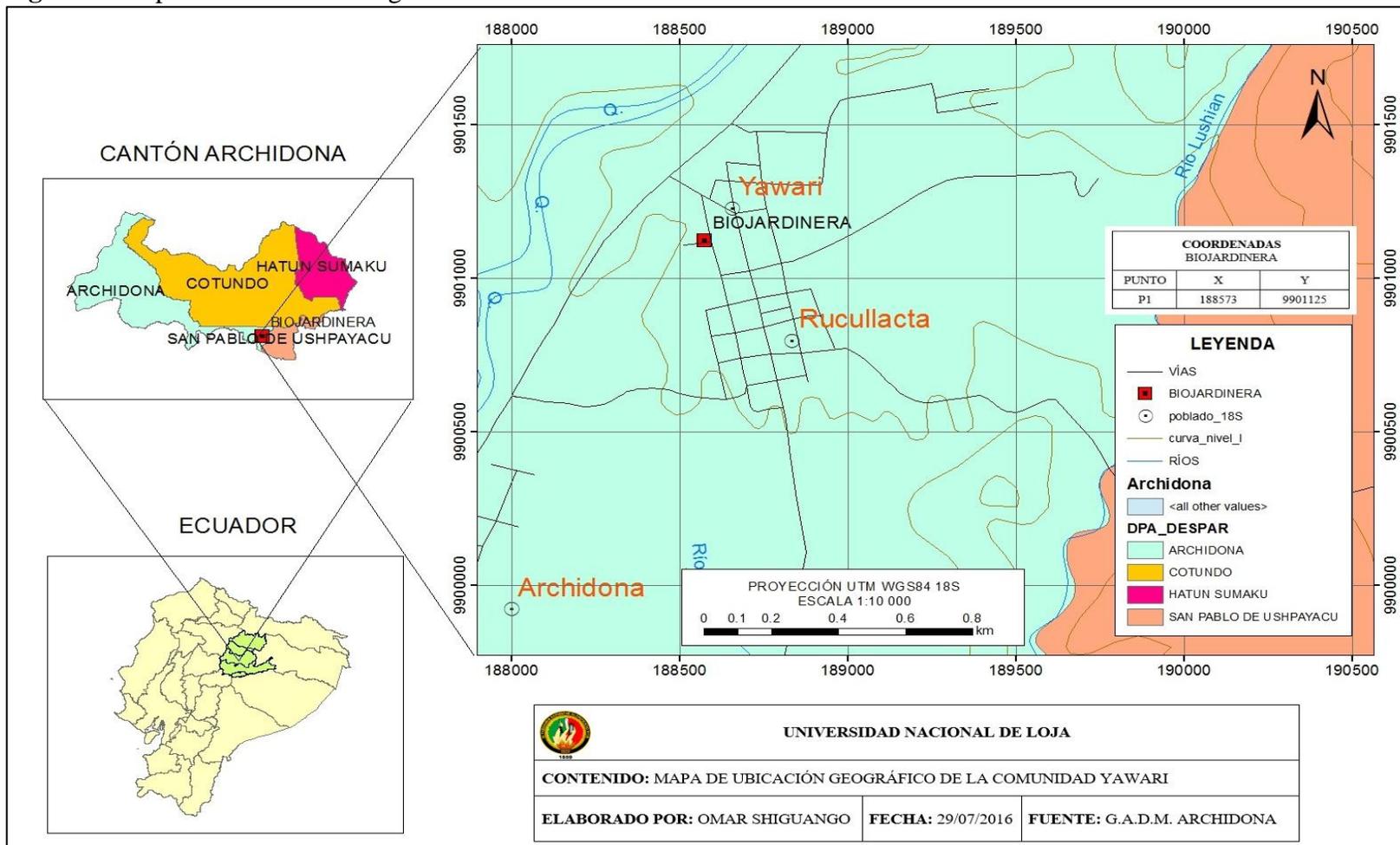
**Elaborado por:** El Autor

**Figura 3.** Mapa Político del Cantón Archidona



Elaborado por: El Autor

**Figura 4.** Mapa de Ubicación Geográfica de la Comunidad Yawari



Elaborado por: El Autor

### 5.3. Aspectos biofísicos y climáticos

#### 5.3.1. Aspectos biofísicos

##### a) Flora

El Cantón Archidona está conformado por la vegetación de bosques primarios y secundarios, desde los altos de la cordillera occidental de los andes, comprende los páramos andinos con vegetación de pajonal, arbustos y plantas de clima templado.

A continuación, se realiza un listado de la flora más representativa de la Comunidad Yawari, obtenidos en base a la información del Plan de Ordenamiento Territorial de Archidona, Flora y Fauna de los bosques pie montano y montano bajo del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair y MAGAP (2014); y se evidencia en el siguiente cuadro:

**Cuadro 2.** Flora representativa del sector

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Aguacate	<i>Persea americana</i>	LAURACEAE
2	Ayahuasca	<i>Banisteriopsis caapi</i>	MALPIGHIACEAE
3	Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	BOMBACACEAE
4	Brómela	<i>Mezobromelia</i>	BROMELIACEAE
5	Cacao	<i>Theobraman cacao</i>	MALVACEAE
6	Caimitos	<i>Chrysphuyllum aurantum</i>	SAPOTACEAE
7	Cedro	<i>Cecdrele angustifolia</i>	MELIACEAE
8	Chonta	<i>Bactris gasipaes</i>	ARECACEAE
9	Chugri yuyu	<i>Kalanchoe pinnata</i>	CRASSULACEAE
10	Guaba	<i>Inga edulis Mart.</i>	FABACEAE
11	Guadúa	<i>Bambusa angustifolia</i>	POACEAE
12	Guarumo	<i>Cecropia sciadophylla</i>	CECROPIACEAE
13	Guayaba	<i>Psidium guayaba</i>	MYRTAC.
14	Guayusa	<i>Ilex guayusa</i>	AQUIFOL.
15	Guineo, orito	<i>Musa sp.</i>	MUSACEAE
16	Helecho arbóreo	<i>Cyathea lasiosora</i>	PRIDOFITAS
17	Heliconias	<i>Heliconia episcopalis</i>	HELICONIACEAE
18	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	BORAGINACEAE
19	Limón	<i>Citrus limonum</i>	RUTACEAE

Continúa...

...Continuación

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
20	Lisan, paja	<i>Carludovica palmata</i>	CYCLANT
21	Maíz	<i>Zea mayz</i>	PANICOIDEAE
22	Marpindo rojo	<i>Cordolync terminalis</i>	LILIACEAE
23	Orquídea	<i>Dichae sp</i>	ORCHIDACEAE
24	Papaya chini	<i>Urtica sp.</i>	URTICAC
25	Paso	<i>Gustavia macarenensis</i>	LECYTHID
26	Pilchi, calabaza	<i>Crescentia cujete</i>	BIGNONIAC
27	Pitón	<i>Grias neuberthii</i>	LECYTHID
28	Platanillo	<i>Heliconia sp.</i>	MUSACEAE
29	Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	MUSACEAE
30	Pungara	<i>Garcinia macrophylla</i>	CLUSIAC
31	Trébol	<i>Desmodium sp.</i>	FABACEAE
32	Tulan, platanillo	<i>Heliconia aemygdiana</i>	HELICON
33	Uva de monte	<i>Pourouma cecropiifolia</i>	MORACEAE
34	Yuca	<i>Manihot sculenta</i>	EURPHORBIACCAE

Elaborado por: El Autor

Fuente: MAGAP Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca., 2014

## b) Fauna

Mediante la investigación documental se ha determinado las principales especies de fauna (aves, mamíferos, reptiles, peces, anfibio y crustáceos) presentes en la zona de estudio, obtenidos en base a la información del Plan de Ordenamiento Territorial de Archidona, Flora y Fauna de los bosques pie montano y montano bajo del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair y MAGAP (2014), las mismas que se presentan a continuación:

**Cuadro 3.** Especies de aves más representativas del sector

Nº	Nombre Común	Nombre científico	Familia
1	Carpintero crestirrojo	<i>Campephilus melanoleucos</i>	PICIDAE
2	Gallinas	<i>Gallus gallus</i>	PHASIANIDAE
3	Gallinazo negro	<i>Coragyps atratus</i>	CATHARTIDAE
4	Garrapatero	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	CUCULIDAE
5	Golondrina	<i>Atticora fasciata</i>	HIRUNDINIDAE
6	Taranga Azuleja	<i>Thraupis episcopus</i>	THRAUPIDAE

Elaborado por: El autor.

Fuente: PDyOT Archidona 2014

**Cuadro 4.** Especies de mamíferos del sector

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Armadillo pequeño	<i>Dasypus novemcinctus</i>	DASYPODIDAE
2	Gatos	<i>Felis silvestris catus</i>	FÉLIDOS
3	Guatusa	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	DASYPROCTIDAE
4	Mono chichico	<i>Saguinus nigricollis</i>	CALLITRICHIDAE
5	Murciélago	<i>Eptesicus brasiliensis</i>	VESPERTILIONINAE
6	Perro	<i>Canis lupus familiares</i>	CÁNIDOS
7	Raposa	<i>Didelphys marsupiales</i>	DEDELPHIDAE

Elaborado por: El autor.

Fuente: PDyOT Archidona 2014

**Cuadro 5.** Reptiles más representativos

Nº	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Boa arcoíris	<i>Epicrates cenchria</i>	BOIDAE
2	Clelia	<i>Clelia celia</i>	COLUBRIDAE
3	Coral	<i>Micruru sp</i>	ELAPIDAE
4	Equis	<i>Bothrops atrox</i>	VIPERIDAE
5	Lagartija	( <i>Bachia sp</i> )	GYMNOPHTHALMIDAE
6	Lagartija de hojarasca	<i>Alopoglossus buckleyi</i>	GYMNOPHTHALMIDAE
7	Lagartija de palo	<i>Morunasurus annularis</i>	HOPLOCERCIDAE

Elaborado por: El autor.

Fuente: PDyOT Archidona 2014

**Cuadro 6.** Especies de anfibios del sector

Nº	Nombre Común	Nombre científico	Familia
1	Cecilia Oriental	<i>Caecilia orientalis</i>	CAECILIDAE
2	Rana común	<i>Hyla</i>	HYLIDAE
3	Salamandra Amazónica	<i>Bolitoglossa altamazónica</i>	PLETHODONTIDAE
4	Salamandra	<i>Bolitoglossa palmeada</i>	PLETHODONTIDAE
5	Sapo común	<i>Bufo</i>	BUFONIDAE

Elaborado por: El autor

Fuente: PDyOT Archidona 2014

### **c) Suelo**

Las características de los suelos de la provincia de Napo son suelos pobres en nutrientes y tienen un bajo potencial de retención, especialmente en lo referente al calcio, al potasio y al fósforo, pero en dichos suelos pobres crece una tupida vegetación. La característica del suelo del Cantón Archidona es del tipo de textura “Moderadamente gruesa”, ocupa el 63,18% del total de la superficie cantonal. Le sigue el tipo de textura “media”, con una representatividad del 26,7% de la superficie total.

### **d) Hidrología**

El cantón se encuentra bañadas por subcuentas hídricas a continuación presentamos las 4 subcuentas con los caudales más representativos a nivel cantonal son:

- Subcuenta del Río Verdeyaku cuyo origen se halla en la cordillera de los Andes, con una longitud de 82,3 Km.
- Subcuenta del Río Hollín tiene una longitud de 85,9 Km, está alimentado por los ríos Chontayaku y Jondachi. Este río es aprovechado para el deporte de kayak y rafting como también es una de las fuentes proveedoras de alimento de especies acuáticas a las comunidades asentadas a las riberas del Río.
- Subcuenta del Río Pusuno: El cauce principal, desde la entrada hasta la salida de la subcuenta tiene una longitud de 37,8 Km
- Subcuentas del Río Misahuallí que nace de la Cordillera de los Guacamayos y cruza por la Cabecera cantonal, tiene una longitud de 38,1 Km y sus afluencias son los ríos Mondayaku, Calmitoyaku e Inchillaqui.

El resto de áreas no contenidas dentro de estas subcuencas, forman parte de otras microcuencas o áreas menores. El abastecimiento de agua para consumo humano para la Comunidad de Yawari, se obtiene de las aguas subterráneas ubicadas en el sector de las Cavernas de Jumandy.

### 5.3.2. Aspectos climáticos

Para determinar el clima en el Cantón Archidona se tomó en cuenta los datos proporcionados por la Estación Meteorológica Chaupi Shungo, Tena (2015), la misma que se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas Latitud: 0°55'1" Sur, Longitud: 77°49'9" Este.

#### a. Temperatura

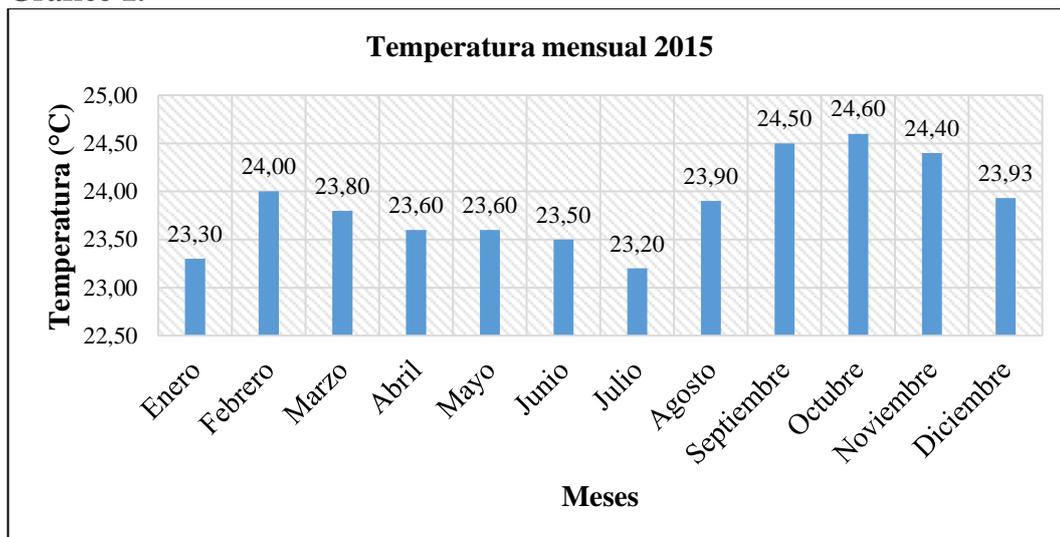
Según el anuario de la Estación Meteorológica Chaupi Shungo (2015), la mayor temperatura se registró en el mes de octubre con un valor de 24,60 °C y en el mes de julio con un valor de 23,20 °C; dando un promedio de 23,92 °C durante el año de 2015, la cual se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Temperatura mensual 2015 (°C)

Meses	Temperatura (°C)
Enero	23,30
Febrero	24,00
Marzo	23,80
Abril	23,60
Mayo	23,60
Junio	23,50
Julio	23,20
Agosto	23,90
Septiembre	24,50
Octubre	24,60
Noviembre	24,40
Diciembre	23,93
<b>Promedio mensual</b>	<b>23,86</b>

**Fuente:** Estación Meteorológica Chaupi Shungo (Tena), 2015.

**Gráfico 1.**



**Fuente:** Estación Meteorológica Chaupi Shungo (Tena), 2015.

**Elaborado por:** El autor

## b. Precipitación

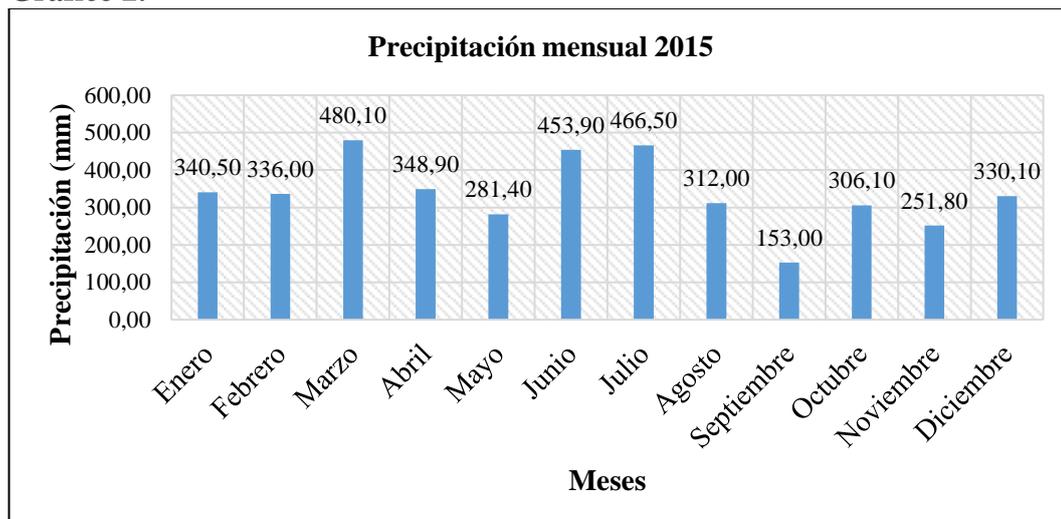
De acuerdo al anuario de la Estación Meteorológica Chaupi Shungo (2015), la mayor precipitación se registró en el mes de marzo con 480,10 mm y la menor precipitación fue en el mes de septiembre con 153,00 mm; dando un total de 4.060,30 mm de precipitación durante el año 2015, la cual se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Precipitación mensual 2015

Meses	Precipitación (mm)
Enero	340,50
Febrero	336,00
Marzo	480,10
Abril	348,90
Mayo	281,40
Junio	453,90
Julio	466,50
Agosto	312,00
Septiembre	153,00
Octubre	306,10
Noviembre	251,80
Diciembre	330,10
<b>Promedio mensual</b>	<b>4.060,30</b>

**Fuente:** Estación Meteorológica Chaupi Shungo (Tena), 2015.

**Gráfico 2.**



**Fuente:** Estación Meteorológica Chaupi Shungo (Tena), 2015.

**Elaborado por:** El autor

### c. Humedad

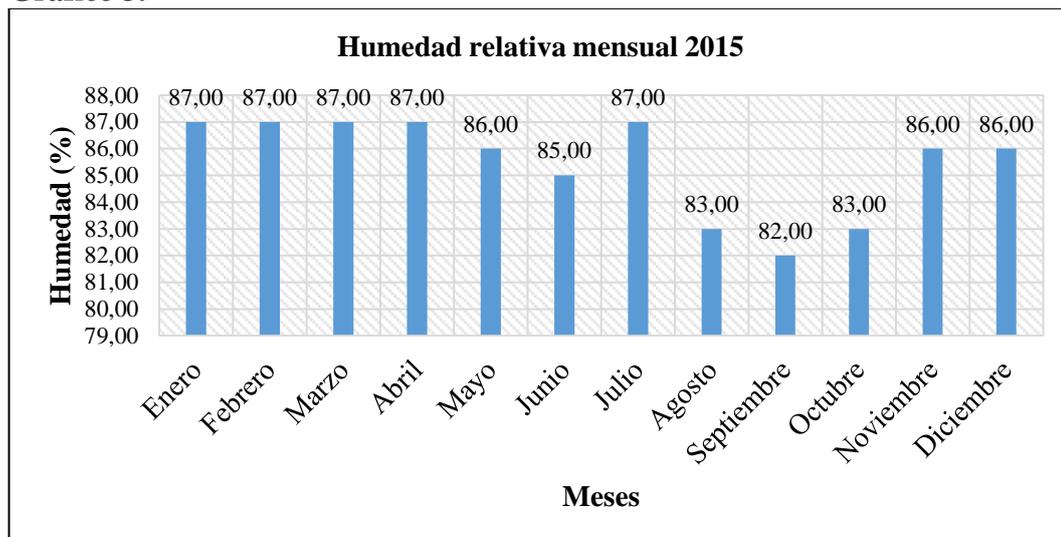
De acuerdo a los datos proporcionados por la Estación Meteorológica Chaupi Shungo (2015), los valores de la humedad relativa más alta fueron en los cuatro primeros meses del año 2015, con un 87,00% disminuyendo en el mes de septiembre con el 82,00%, con un promedio de 85,50% humedad relativa durante el año 2015, la cual se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Humedad relativa mensual 2015

Meses	Humedad Relativa (%)
Enero	87,00
Febrero	87,00
Marzo	87,00
Abril	87,00
Mayo	86,00
Junio	85,00
Julio	87,00
Agosto	83,00
Septiembre	82,00
Octubre	83,00
Noviembre	86,00
Diciembre	86,00
<b>Promedio mensual</b>	<b>85,50</b>

**Fuente:** Estación Meteorológica Chaupi Shungo (Tena), 2015.

**Gráfico 3.**



**Fuente:** Estación Meteorológica Chaupi Shungo (Tena), 2015.

**Elaborado por:** El autor

#### **d. Viento**

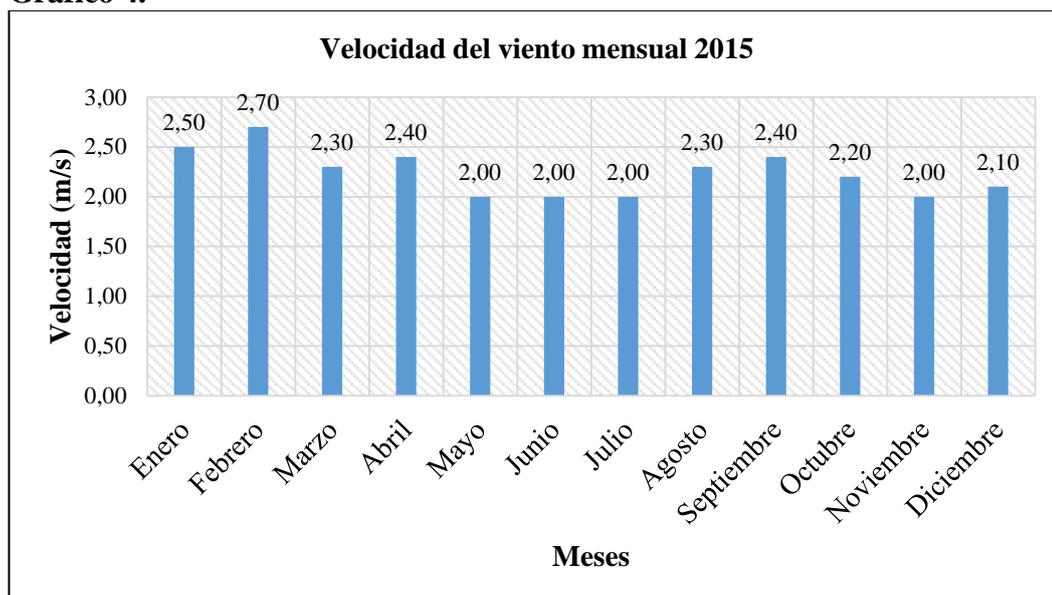
Según los datos proporcionados por la Estación Meteorológica Chaupi Shungo (2015), el valor de la velocidad del viento con más rapidez fue en el mes de febrero con 2,70 m/s, en dirección Este; el promedio de velocidad del viento durante el año 2015 fue de 2,24 m/s, con dirección Sur, la cual se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Velocidad y dirección del viento mensual 2015

Meses	Velocidad (m/s)	Dirección
Enero	2,50	S
Febrero	2,70	E
Marzo	2,30	S
Abril	2,40	S
Mayo	2,00	SO
Junio	2,00	S
Julio	2,00	SE
Agosto	2,30	S
Septiembre	2,40	S
Octubre	2,20	S
Noviembre	2,00	S
Diciembre	2,10	S
<b>Promedio mensual</b>	<b>2,24</b>	<b>S</b>

**Fuente:** Estación Meteorológica Chaupi Shungo (Tena), 2015.

**Gráfico 4.**



**Fuente:** Estación Meteorológica Chaupi Shungo (Tena), 2015.

**Elaborado por:** El autor

**e. Nubosidad**

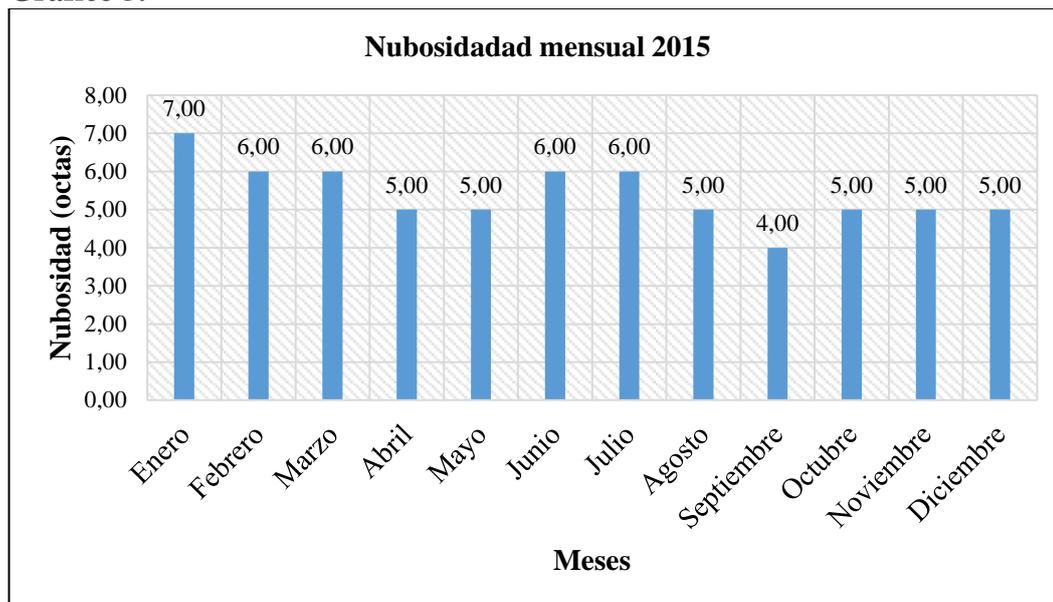
Según los datos proporcionados por la Estación Meteorológica Chaupi Shungo (2015), el valor de Nubosidad más alto, fue en el mes de enero con 7,00 octas de cielo cubierto; disminuyendo en el mes de septiembre con 4,00 octas de cielo cubierto, con un promedio de nubosidad durante el año 2015 de 5,42 octas de cielo cubierto, la cual se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 7.** Nubosidad mensual 2015

Meses	Nubosidad (octas)
Enero	7,00
Febrero	6,00
Marzo	6,00
Abril	5,00
Mayo	5,00
Junio	6,00
Julio	6,00
Agosto	5,00
Septiembre	4,00
Octubre	5,00
Noviembre	5,00
Diciembre	5,00
<b>Promedio mensual</b>	<b>5,42</b>

**Fuente:** Estación Meteorológica Chaupi Shungo (Tena), 2015.

**Gráfico 5.**



**Fuente:** Estación Meteorológica Chaupi Shungo (Tena), 2015.

**Elaborado por:** El autor

#### **5.4. Tipo de investigación**

El trabajo de investigación corresponde a un diseño no experimental; se basa en la investigación descriptiva, investigación de campo y documental.

##### **5.4.1. Investigación descriptiva**

La investigación descriptiva facilitó recabar información cualitativa y cuantitativa, para el Diseño y Construcción de una Biojardinera, en la Comunidad de Yawari, de la Parroquia y Cantón Archidona; para ello se recolectó información ambiental y social necesaria para poder ejecutar la biojardinera.

##### **5.4.2. Investigación de campo**

Para el desarrollo de este proceso investigativo requirió obtener información directa en el área de estudio, denominado también in situ, ya que mediante la utilización de encuestas en el ámbito social y ambiental a los

habitantes de la Comunidad de Yawari, se pudo diseñar y construir una biojardinera.

Además se evaluó la eficiencia de la Biojardinera mediante la interpretación del análisis físico-químico del agua. Con esto se pudo tener conocimiento y experiencia con respecto a los diferentes procedimientos en su construcción y operación de la misma.

### **5.4.3. Investigación Documental**

Con la investigación documental facilitó realizar la consulta de documentos (libros, revistas, memorias, investigaciones, anuarios, normas ambientales, etc.), lo que permitió establecer la revisión de literatura, metodologías, resultados y discusiones en el trabajo de investigación.

## **5.5. Levantar la línea base de la Comunidad de Yawari**

### **5.5.1. Identificación del área de estudio**

Para realizar esta actividad se aplicó la investigación de campo y la investigación descriptiva, con la ayuda de un GPS portátil y con la ayuda del software Arcgis 10.3 y Google earth, se mapeó la ubicación del área de estudio en digital. (Ver Figura 2: Mapa ubicación del área de estudio).

### **5.5.2. Levantamiento de Información**

El levantamiento de información para continuar con la línea base de la Comunidad de Yawari, se desarrolló en base a la siguiente metodología:

- a. Descripción del área de estudio.
- b. Elaboración de encuesta.

- c. Selección de equipos e instrumentos que se utilizó en el levantamiento de información.
- d. Planificación del trabajo en campo.
- e. Procesamiento de información.

**a) Descripción del área de estudio**

Para recabar información sobre la descripción del área de estudio se utilizó mapas topográficos, planes de desarrollo y ordenamiento Territorial, libros, se tomó en cuenta los datos proporcionados por la Estación Meteorológica Chaupi Shungo, Tena (2015); Además se utilizó la metodología de Testimonio Local.

Se tomó en cuenta los siguientes aspectos en la recolección de información ambiental para la descripción del área de estudio:

**a.1) Caracterización del medio Físico**

- Altitud
- Precipitación
- Clima
- Región Geográfica
- Geología
- Geomorfología
- Suelos
- Zonas de riesgo
- Pendiente
- Condición de drenaje
- Hidrología
- Calidad del aire
- Ruido

### **a.2) Caracterización del medio biótico**

- Ecosistemas
- Cobertura vegetal
- Flora
- Fauna

### **a.3) Caracterización económica y social**

- Demografía
- Salud
- Educación
- Tránsito y Transporte
- Servicios básicos
- Actividades socio económicas
- Aspecto Cultural

### **b) Elaboración de encuesta.**

Para el desarrollo de la investigación se elaboró una encuesta con el fin de reunir y estructurar información y opiniones de cada uno de los hogares de la Comunidad de Yawari, sobre las actividades que desarrollan en el procesamiento de la madera y conocer sobre la seguridad en el área de trabajo. Para lo cual se aplicó la siguiente metodología, según Martín (2011, Fases o etapas de una encuesta).

- Planteamiento/diseño del cuestionario
- Selección de la muestra
- Desarrollo del trabajo de campo
- Preparación de la información/datos
- Análisis de la calidad de información

**c) Selección de equipos e instrumentos que se utilizó en el levantamiento de información**

Para el levantamiento de información del lugar de investigación se utilizaron solamente los equipos e instrumentos necesarios para la encuesta.

**d) Planificación del trabajo de campo**

El trabajo de campo fue planificado para recopilar información del sector mediante la aplicación de encuestas. (Ver cuadro 8)

**e) Procesamiento de información**

Para el ordenamiento, procesamiento y análisis de la información obtenida se realizó con la ayuda de las herramientas de Microsoft Office 2013, para la interpretación de los resultados de las encuestas se lo realizó utilizando la estadística descriptiva, mediante tablas y gráficos.

**5.6. Diseñar y construir una Biojardinera mediante Fitodepuración, para el tratamiento de aguas grises en una vivienda de la Comunidad de Yawari.**

**5.6.1. Selección del diseño**

Para el diseño de la biojardinera que se implementó en una vivienda de la Comunidad de Yawari, se realizó un análisis de los diferentes tipos de biojardineras que se han construido en otros países, de acuerdo a sus ventajas, beneficios ambientales y a las posibilidades de adaptación a la zona, para su construcción y operación. En cuanto a la selección de la Biojardinera se consideró los siguientes aspectos:

- a. Número de personas que habitan en la vivienda
- b. Consumo de agua diario
- c. Área requerida
- d. Costo

### **5.6.2. Construcción de la Biojardinera**

#### **a) Materiales y Herramientas**

Los materiales y herramientas fueron utilizados de acuerdo a la tabla señalada por La Alianza por el Agua (2014). (Ver anexo 8)

#### **b) Condiciones del Terreno**

Se tomó en cuenta la diferencia de nivel con respecto a la salida de aguas grises provenientes del domicilio y el tipo de suelo, para que haya una correcta circulación del agua residual por el interior de la biojardinera.

#### **c) Trabajos iniciales**

Para los trabajos iniciales se colocó las estacas de madera, uno a cada esquina donde se va a construir la biojardinera, y se ubicó los niveles correspondientes.

#### **d) Excavación y Verificación de Medidas**

La excavación del terreno y verificación de medidas se realizó de acuerdo al diseño y dimensiones propuestos anteriormente.

**e) Colocación del plástico**

El plástico se puso porque con él se pretende evitar que el agua residual se salga de la biojardinera, es decir que no se infiltre en el suelo ya que ésta debe permanecer impermeable.

**f) Preparación de los tubos de PVC**

Se prepararon los tubos de PVC, para colocarlos en la biojardinera, con sus respectivos cortes, medidas y uniones.

**g) Colocación de Materiales**

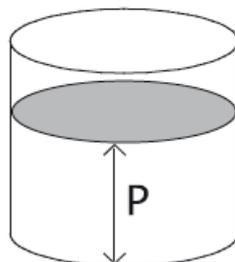
De acuerdo al diseño los tramos de longitud L2 son para colocar en ellos piedra gruesa y en el tramo central de la longitud L1 se coloca la piedra de menor tamaño. (Ver figura 7)

**5.6.3. Construcción del tratamiento primario**

**a) Características para los recipientes**

El volumen que se requiere para el pre-tratamiento dependerá de la cantidad de agua que se consume. El volumen del recipiente que se utilizará deberá ser mayor al volumen real de agua requerido, éste es igual a “P”.

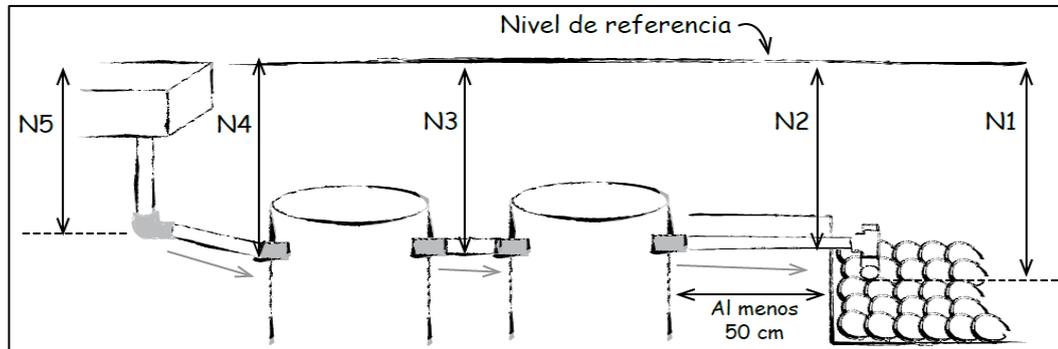
**Figura 5.** Volumen del recipiente



Fuente: ACEPESA, 2010

## b) Verificación de Niveles

**Figura 6.** Nivel de referencia de la Biojardinera



Fuente: ACEPESA, 2010

- N1: Nivel de canal de distribución
- N2: Nivel del tubo que lleva el agua a la biojardinera
- N3: Nivel del tubo entre los tanques de pre-tratamiento
- N4: Nivel del tubo que llega al primer tanque de pre-tratamiento
- N5: Nivel del tubo con respecto a la salida de aguas grises domiciliarias

## c) Preparación de las piezas de PVC para la entrada y salida de Líquidos

Se preparó las piezas de PVC, para colocar en la entrada y salida de líquidos con sus respectivos cortes, medidas y uniones.

## d) Colocación de Chimenea para la salida de Gases

Se colocó la línea de ventilación en el primer recipiente, ya que allí se acumulan la mayor cantidad de gases contaminantes.

## e) Colocación de los recipientes

Se ubicaron cada recipiente en la excavación que le corresponde y se comprobó los niveles en las entradas y salidas del agua.

#### **5.6.4. Selección de plantas macrófitas emergentes.**

Para la siembra de plantas macrófitas se utilizaron algunas de las plantas adecuadas para biojardineras, según la ALIANZA POR EL AGUA (2014). (Ver cuadro 9)

#### **5.6.5. Vertido ó aprovechamiento de las aguas tratadas**

Las aguas grises tratadas fueron descargadas según las:

- a) Unidades y salida de aguas
- b) Situaciones por vertido

#### **5.6.6. Costo de Construcción**

El costo necesario para la construcción de una biojardinera depende del consumo de agua al día por persona, debido que cada persona ocupa un volumen mínimo de 0,50 m<sup>3</sup> en la biojardinera; además varía según el tipo, calidad y cantidad de materiales utilizados en su construcción.

### **5.7. Evaluar la eficiencia de la Biojardinera mediante la interpretación del análisis físico-químico del agua.**

#### **5.7.1. Procedimientos para el muestreo de agua para el análisis físico-químico del agua**

Se tomó como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98 y el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, TULSMA.

El proceso de la investigación está determinado por una serie de pasos protocolizados con el fin de conseguir resultados reales, respecto a la calidad del agua:

- a. Punto de muestreo
- b. Selección de recipientes
- c. Precauciones generales del muestreo
- d. Tipo de muestra
- e. Llenado del recipiente
- f. Identificación de las muestras
- g. Transporte de la muestra
- h. Recepción de la muestra

### 5.7.2. Determinación de parámetros para el análisis de laboratorio

Los parámetros físicos y químicos analizados fueron de acuerdo al criterio técnico del investigador, sustentando en el Anexo 1, Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. (TULSMA).

**Cuadro 7.** Parámetros físicos y químicos del agua

Parámetros	Unidades	Método
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	PEE/CESTTA/09/Standard Methods N° 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	PEE/CESTTA/46/Standard Methods N° 5210 B
Aceites y grasas	mg/L	PEE/CESTTA/42/Standard Methods N° 5520 B
Potencial Hidrógeno	-	PEE/CESTTA/05/Standard Methods N° 4500 -H <sup>+</sup> B
Cloruros	mg/L	PEE/CESTTA/15/Standard Methods N° APHA 4500-Cl <sup>-</sup> C
Sulfatos	mg/L	PEE/CESTTA/18/Standard Methods N° 4500 -SO <sup>2</sup> 4 E
Fluoruros	mg/L	PEE/CESTTA/73/Standard Methods N° 4500 F-D
Sólidos Totales	mg/L	PEE/CESTTA/10/Standard Methods N° 2540 B

Continúa...

...Continuación

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>
Sólidos Suspendidos	mg/L	PEE/CESTTA/13/Standard Methods N° 2540 D
Fósforo Total	mg/L	PEE/CESTTA/21/Standard Methods N° 4500-P B5/APHA 4500-PC

**Elaborado por:** El autor

### **5.7.3. Comparación de los parámetros físicos y químicos del agua**

Del punto muestreado, mediante cuadros y gráficos se estableció una comparación de cada uno de los parámetros analizados en laboratorio con el límite máximo permisible establecido por la Normativa ambiental vigente (TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9, de los Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

## **F. RESULTADOS**

### **6.1. Levantar la línea base de la Comunidad Yawari.**

#### **6.1.1. Identificación del área de estudio**

La identificación del área de estudio se realizó con la ayuda de un GPS portátil y con la ayuda de los software Arcgis 10.3 y Google earth, se mapeó y se delimitó el área de estudio en digital para su posterior análisis del lugar; ya que la Comunidad de Rukullakta colinda con la Comunidad de Yawari, y los domicilios se encuentran muy cerca con respecto al sitio de investigación. (Ver Figura 2: Mapa ubicación del área de estudio).

#### **6.1.2. Levantamiento de Información**

##### **a) Descripción del área de estudio**

Se recabó información sobre la descripción del área de estudio, donde se utilizó mapas topográficos, planes de desarrollo y ordenamiento Territorial, libros digitales; se tomó en cuenta los datos proporcionados por la Estación Meteorológica Chaupi Shungo, Tena (2015); además se utilizó la metodología de Testimonio Local.

##### **a.1) Caracterización del medio físico**

- **Altitud**

El sector de Yawari se encuentra ubicada aproximadamente a una altitud de 623 msnm, este dato se tomó con la ayuda del GPS Garmin Oregon 64S.

- **Precipitación**

Su pluviosidad es casi permanente alta, la precipitación es muy abundante, existe un exceso de 4.060,30 mm al año de lluvias, según los datos del Centro Meteorológico Chaupi Shungo (2015).

- **Clima**

Se caracteriza por tener un clima cálido tropical, según los datos del Centro Meteorológico Chaupi Shungo la temperatura durante el año 2015, osciló entre 23,20 °C a 24.60 °C y su temperatura media anual fue de 23,92 °C.

- **Región Geográfica**

La comunidad Yawari se encuentra localizada en las estribaciones orientales de la Cordillera Real de los Andes, perteneciente a la Provincia de Napo, específicamente al Norte de la ciudad de Archidona.

- **Geología**

La investigación está situada en la zona subandina, en las estribaciones orientales de la Cordillera Real y en el levantamiento Napo, cuyo eje atraviesa por el volcán Sumaco y abarca desde la Cordillera de Lumbaqui al Norte.

- **Geomorfología**

El relieve de la zona está íntimamente relacionado con la formación de la cordillera de los Andes, con los procesos morfogenéticos y la litología de las formaciones geológicas.

- **Suelos**

Para la identificación y caracterización del tipo de suelo, se tomó la Información de los estudios realizados por el la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CG – SIN) -MAGAP, a escala 1:250.000 elaborado en agosto del 2012, se ha identificado que en el sector se hallan suelos perteneciente al grupo de “*INCEPTISOL*”.

- **Zonas de riesgo**

El sector no tiene zonas de riesgo de alto nivel, sin embargo es vulnerable a fenómenos naturales que pueden causar daño.

- **Pendiente**

El relieve del suelo del sector es casi plano, con pendientes menores al 5% de inclinación.

- **Condición de drenaje**

Las condiciones de drenaje superficial debido a las constantes precipitaciones son ligeramente rápidas, por lo cual habitualmente se suelen generar charcos de agua, los cuales eventualmente se drenan en un lapso de tiempo corto, debido a la rápida infiltración en el suelo.

- **Hidrología**

El sistema hidrográfico del sector se encuentra constituido principalmente por el Río Misahuallí.

- **Calidad del aire**

En el sector no existen actividades que generen alteración a la atmósfera, por lo que se puede definir un aire libre de contaminación y respirable, únicamente en la temporada seca o temporada de verano las partículas de polvo son levantadas por los vientos, las cuales eventualmente precipitan de la atmósfera por acción de la humedad de la zona y la evapotranspiración vegetal.

- **Ruido**

En el sector existe una parada de autobuses intercantonal, que genera ruido leve con las bocinas; por lo tanto los decibeles se las considera tolerable, es decir que éste es admisible o esporádico, por lo cual no se generan molestias graves para la población y fauna existente en el sector.

#### **a.2) Caracterización del medio biótico**

- **Ecosistemas**

En el sector existe un ecosistema de bosque heterogéneo y diverso, presente en la gran parte de Amazonía ecuatoriana, con un clima cálido y húmedo; sus árboles alcanzan alturas de 20 m.

- **Cobertura vegetal**

El sector se caracteriza por la poca presencia de vegetación, la cual corresponde principalmente a pastos y cultivos agrícolas. La zona de donde se llevó a cabo la investigación se caracteriza por tener poca vegetación, la cual corresponde a un bosque nativo medianamente intervenido.

- **Flora**

Para recabar información de la flora existente en el sector se utilizó la metodología de Testimonio Local, la información fue recabada en la investigación ambiental. Se determinó la vegetación más representativa de la Comunidad Yawari, (Ver cuadro 2).

- **Fauna**

De igual forma para determinar la fauna del sector se utilizó la metodología de Testimonio Local, información recabada en la inspección previa a la investigación, para lo cual se estimó las distintas especies de aves, mamíferos, reptiles y anfibios endémicos del sector. (Ver cuadro 3, 4, 5 y 6).

### **a.3) Caracterización económica y social**

- **Demografía**

Según el Censo INEC 2010, la parroquia Archidona tiene una población aproximada de 11.689 habitantes; en el sector de la investigación existen alrededor de 58 familias con un promedio de 5 miembros por familia, que agrupan a 383 habitantes aproximadamente entre hombres, mujeres y niños.

- **Salud**

Los habitantes del sector ante cualquier eventualidad de salud recurren al “Seguro Social Campesino Juan Shiguango” ubicado en la Comunidad Rukullakta, al Centro de Salud Archidona o su vez al Hospital Stadler Richter de Archidona.

- **Educación**

Gran parte del estudiantado de la comunidad acuden a los establecimientos más cercanos nombrados a continuación: CECIBB Yawari, Unidad Educativa María Inmaculada, Unidad Educativa Nacional Archidona, Unidad Educativa Leonardo Murialdo, entre otros.

- **Tránsito y Transporte**

El Sistema de Información Geográfico muestra que el área de incidencia indirecta de la investigación está provista de una red vial de primer orden desde el Centro de Archidona hasta la entrada a la comunidad de Yawari; que a su vez posee calles lastradas. La Cooperativa “Expreso Napo” presta sus servicios como principal medio transporte público en el sector, además de taxis y furgonetas escolares.

- **Servicios básicos**

En la comunidad cuentan con los siguientes servicios básicos: líneas telefónicas, internet, energía eléctrica, alumbrado público, agua entubada (no potable) y vías de acceso. Cabe recalcar que la comunidad no posee alcantarillado.

- **Actividades socio económicas**

Entre las principales actividades económicas territoriales del sector Yawari son: quehaceres domésticos, albañiles, comerciantes, empleados públicos, empleados privados y agricultura. Entre las especies más relevantes que se siembran en la zona son los cultivos de ciclo corto como yuca, plátano, maíz, que en su mayor parte lo usan para autoconsumo.

Con respecto a la situación económica, cabe resaltar que un cierto número de habitantes no posee trabajo estable, sin embargo buscan la manera de sobresalir adelante a través de diferentes oficios.

- **Aspecto Cultural**

La población de la Comunidad Yawari en su mayoría pertenece a la población kichwa. La religión que practican es la católica, practican sus costumbres y tradiciones, actividades, ritos, ceremonias, etc. obedecen a esta cultura, festividades culturales especialmente en el aniversario de su Comunidad.

- b) **Elaboración de la encuesta**

- **Planteamiento / diseño del cuestionario**

La encuesta fue estructurada con un cuestionario de 13 preguntas tricotómicas cerradas, la misma que sirvió para obtener información sobre la percepción social y ambiental. (Ver Anexo 1: Encuesta).

- **Selección de la muestra**

Por ser una población finita, se conoce el número de elementos a muestrear, no se aplica ningún tipo de fórmula de muestreo, se seleccionaron las 58 viviendas de la Comunidad Yawari, y para la toma de muestras se aplicó el diseño de muestra aleatorio sistemático, donde se eligió una vivienda al azar y a partir de él, en orden sistemático, se muestreó hasta completar el universo de la muestra. Según Martín (2011).

- **Desarrollo del trabajo de campo**

El trabajo de campo consistió en aplicar directamente el cuestionario a las 58 viviendas del sector, una persona adulta por vivienda.

**Fotografía 1.**



Ejecución de la encuesta a los habitantes de la comunidad.

- **Preparación de la información / datos**

Desde la aplicación de la encuesta hasta el análisis de la información se realiza un proceso de codificación, ordenamiento, revisión y análisis del cuestionario.

- **Análisis de la calidad de información**

Luego se realizó el análisis mediante la aplicación de la estadística descriptiva, obteniendo resultados de las diferentes variables de la encuesta aplicada a las 58 viviendas de la Comunidad Yawari.

**c) Selección de equipos e instrumentos que se utilizó en el levantamiento de información**

**Equipos**

- GPS portátil marca GARMIN OREGON 64S
- Cámara Fotográfica marca: Sony DCS W830
- Equipos de protección personal

**Instrumentos**

- Encuestas
- Libreta de campo

**d) Planificación del trabajo de campo**

**Cuadro 8.** Cronograma de trabajo en campo

<b>N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>Fecha</b>
1	Aplicación de encuesta	04/08/2016
2	Aplicación de encuesta	05/08/2016
3	Aplicación de encuesta	06/08/2016

Elaborado por: El autor

La recolección de datos o trabajo de campo se realizó a través de la encuesta a los habitantes del sector, siendo un total de 58 viviendas.

**e) Procesamiento de información**

Los resultados de los datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta a los habitantes de la Comunidad de Yawari, se detallan a continuación:

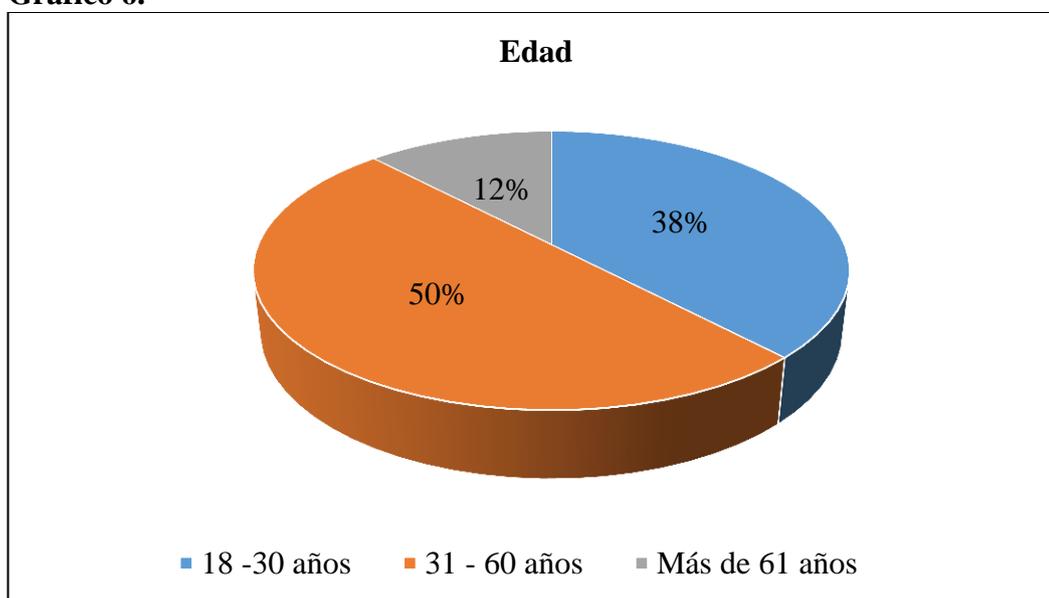
## Aspecto social

**Tabla 8.** Edad

Pregunta	Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
1	18 -30 años	22	38%
	31 - 60 años	29	50%
	Más de 61 años	7	12%
	<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 6.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico seis, con respecto a la edad de los habitantes, el 50% oscila en un rango de 31 a 60 años de edad, el 38% de los habitantes entre 18 a 30 años de edad y finalmente el 12% de los habitantes tienen más de 61 años de edad; en conclusión, se entiende que la mayoría de habitantes de la Comunidad de Yawari son adultos.

**Tabla 9.** Nacionalidad

<b>Pregunta</b>	<b>Alternativa</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
2	Ecuatoriana	58	100%
	Extranjera	0	0%
	<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 7.**



Elaborado por: El autor

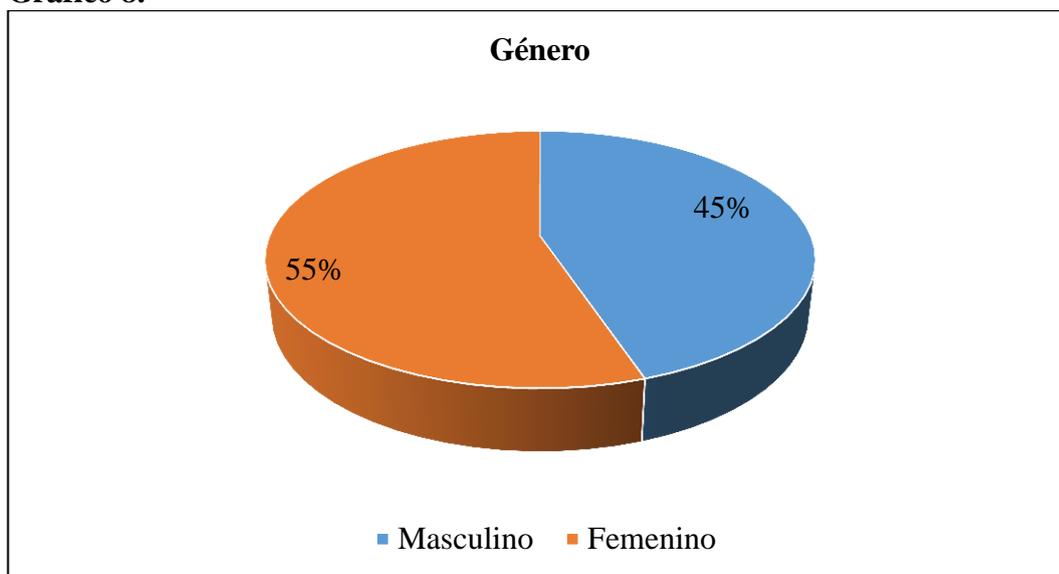
**Interpretación:** En el gráfico siete, con respecto a la nacionalidad de los habitantes, el 100% es de nacionalidad ecuatoriana; en conclusión, se entiende que todos los habitantes de la Comunidad de Yawari son de nacionalidad ecuatoriana y no existe ningún habitante extranjero. Esto es debido a que en su mayoría las personas de la comunidad son kichwas y existe una minoría de personas mestizas; además que ningún extranjero ha decidido radicarse permanentemente en la comunidad.

**Tabla 10. Género**

<b>Pregunta</b>	<b>Alternativa</b>	<b>f</b>	<b>%</b>
3	Masculino	26	45%
	Femenino	32	55%
	<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 8.**



Elaborado por: El autor

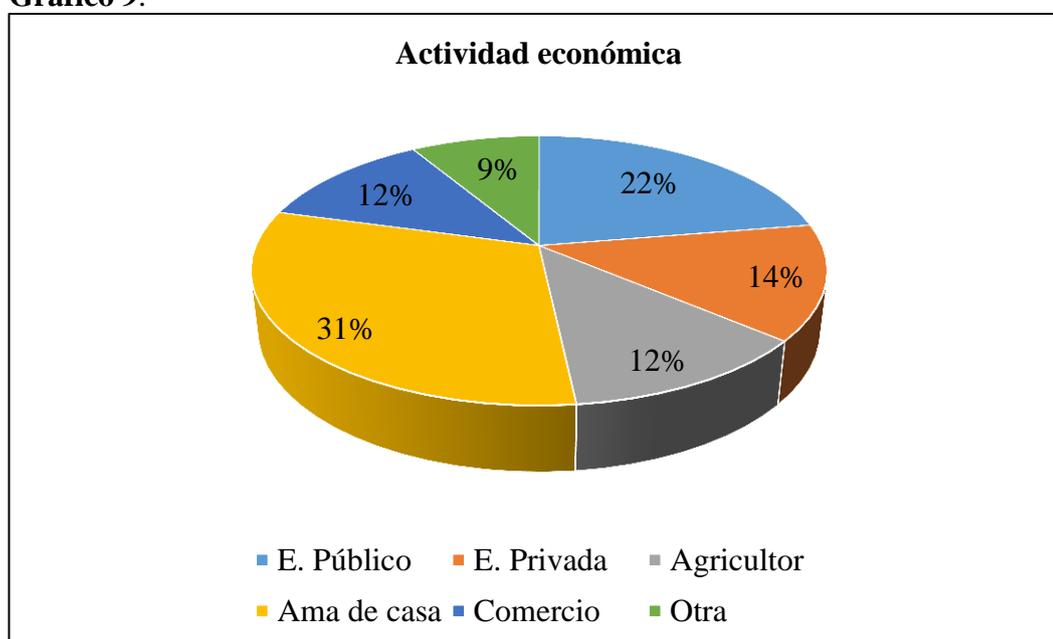
**Interpretación:** En el gráfico ocho, con respecto al género de los habitantes, el 55% es de género femenino y 45% de los habitantes es de género masculino; en conclusión, se entiende que la mayoría de personas de la Comunidad de Yawari son mujeres y la minoría son hombres. Ya que la mayoría de los hombres cuando se casan o se juntan traen a vivir a sus parejas a la comunidad.

**Tabla 11.** ¿Cuál es su actividad económica?

Pregunta	Alternativa	f	%
4	E. Público	13	22%
	E. Privada	8	14%
	Agricultor	7	12%
	Ama de casa	18	31%
	Comercio	7	12%
	Otra	5	9%
	<b>TOTAL</b>		<b>58</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 9.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico nueve, con respecto a la actividad económica el 31% se dedica a la labor de ama de casa, el 22% trabaja en el sector público, el 14% en el sector privado, un 12% se dedica al comercio y otro 12% a la agricultura, y finalmente un 9% se dedica a otras actividades; conclusión, se entiende que la mayoría de habitantes de la Comunidad de Yawari son amas de casa. Debido a que muchas personas no tienen un título de bachiller, mucho menos universitario y no pueden encontrar un trabajo estable.

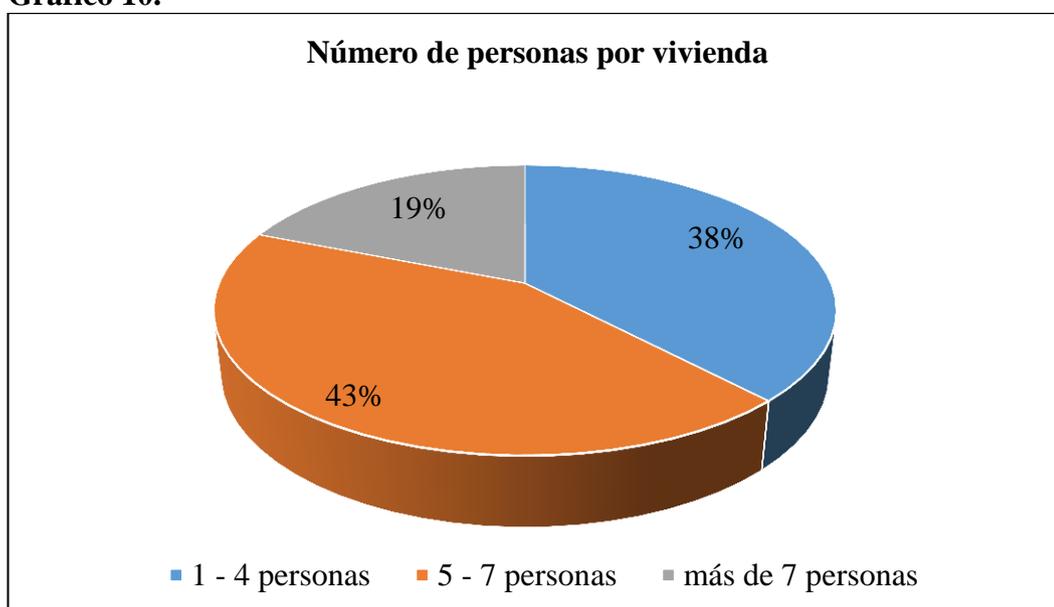
- **Diagnóstico ambiental**

**Tabla 12.** ¿Cuántas personas habitan en su casa?

Pregunta	Alternativa	f	%
5	1 - 4 personas	22	38%
	5 - 7 personas	25	43%
	más de 7 personas	11	19%
	<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 10.**



Elaborado por: El autor

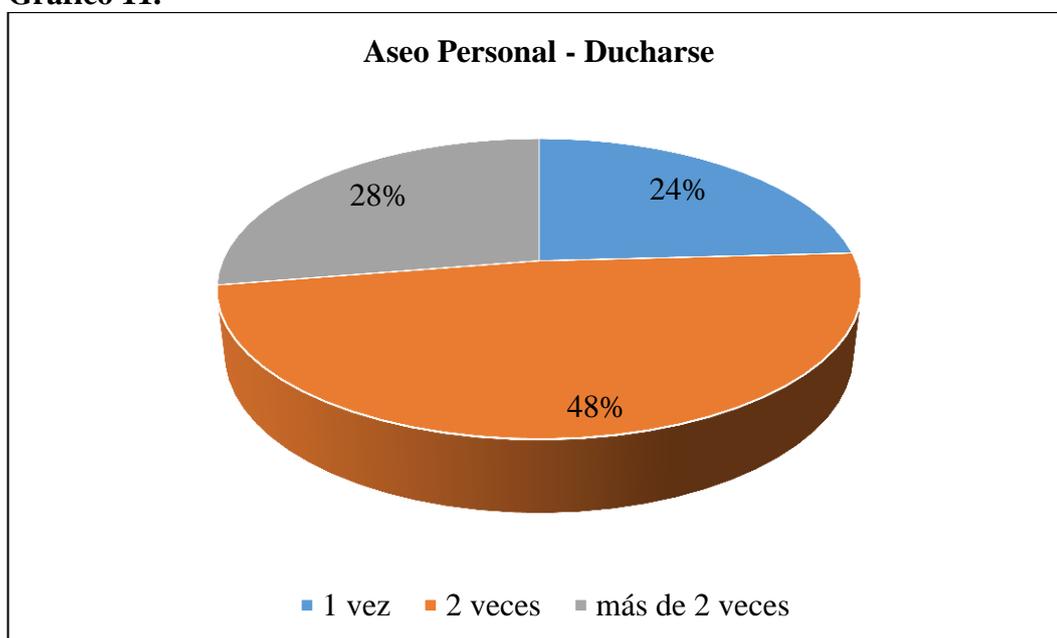
**Interpretación:** En el gráfico diez, con respecto al número de personas que habitan en una vivienda un 43% habitan entre 5 a 7 personas en una casa, un 38% viven entre 1 a 4 personas por casa, finalmente un 19 % habitan más de 7 personas por casa; en conclusión en una vivienda habitan de 5 a 7 personas en la Comunidad de Yawari. Ya que comúnmente cuando una pareja joven tienen hijos, éstos aún continúan viviendo dentro del hogar de los padres, al no poseer recursos económicos para optar por una vivienda.

**Tabla 13.** ¿Cuántas veces al día se baña?

Pregunta	Alternativa	f	%
6	1 vez	14	24%
	2 veces	28	48%
	más de 2 veces	16	28%
	<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 11.**



Elaborado por: El autor

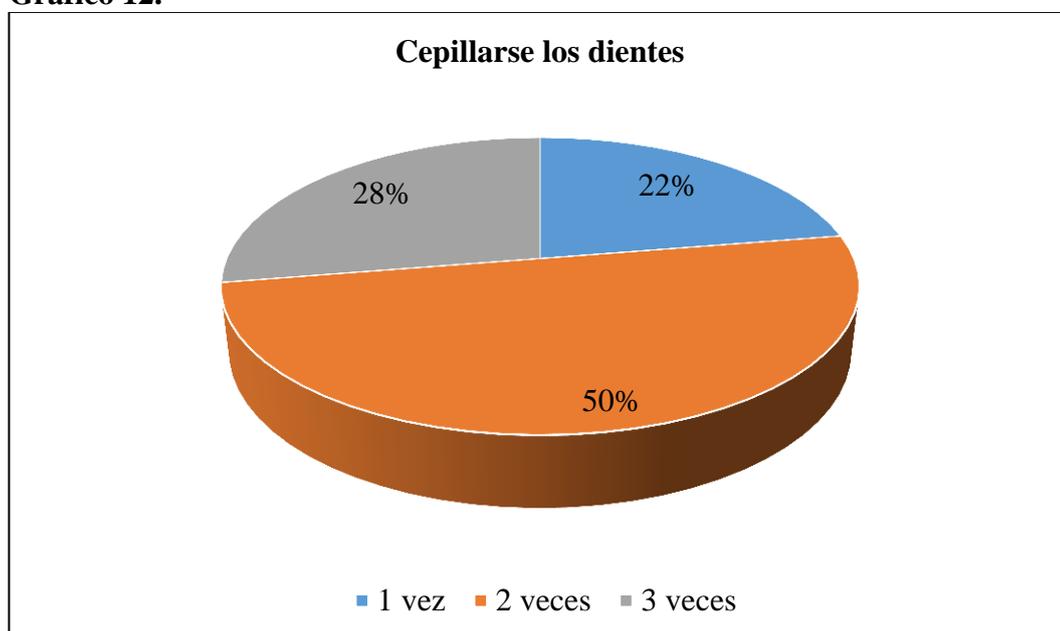
**Interpretación:** En el gráfico 11, con respecto a cuantas veces se baña una persona, un 48% se baña dos veces al día, un 28% se baña más de dos veces al día y finalmente un 24% se baña una vez al día; en conclusión la mayoría de los habitantes de Yawari toman un baño dos veces al día. Muchas de las personas del sector están acostumbrados a tomar una ducha en la mañana antes de salir a sus labores diarios, y otra en la noche antes de acostarse a dormir, debido al calor que hace durante el día.

**Tabla 14.** ¿Cuántas veces al día se cepilla los dientes?

Pregunta	Alternativa	f	%
7	1 vez	13	22%
	2 veces	29	50%
	3 veces	16	28%
	<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 12.**



Elaborado por: El autor

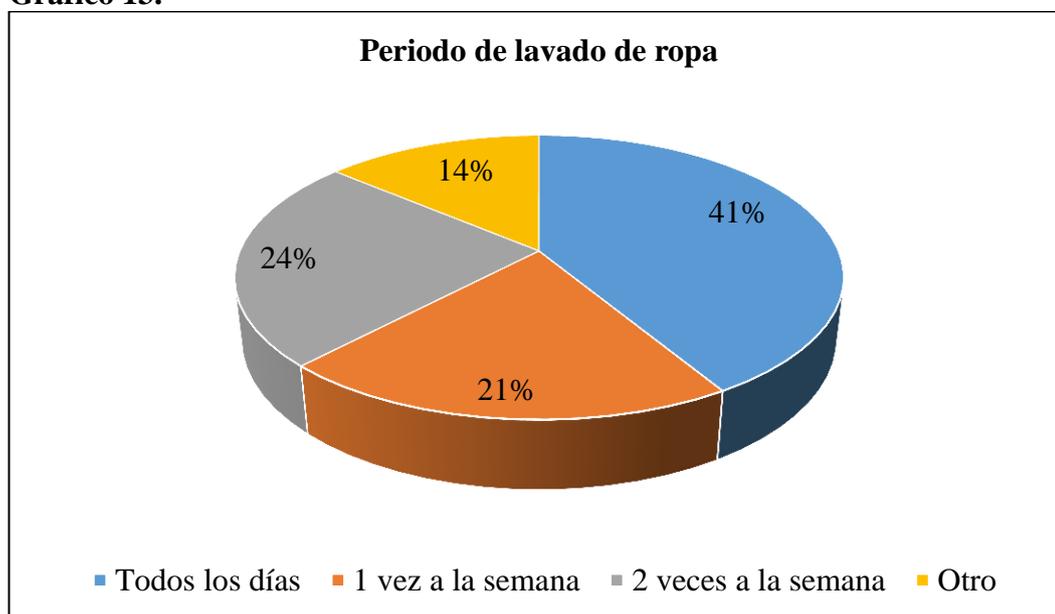
**Interpretación:** En el gráfico 12, con respecto a cuantas veces se cepilla los dientes una persona, un 50% se cepilla dos veces al día, un 28% se cepilla tres veces al día y finalmente un 22% se cepilla una vez al día; en conclusión la mayoría de los habitantes de Yawari se cepillan los dientes dos veces al día. Ya que comúnmente las personas no están acostumbradas a cepillarse durante las horas del almuerzo, sino después del desayuno y en la noche después de la merienda.

**Tabla 15.** ¿Cada qué tiempo usted lava la ropa?

Pregunta	Alternativa	f	%
8	Todos los días	24	41%
	1 vez a la semana	12	21%
	2 veces a la semana	14	24%
	Otro	8	14%
	<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 13.**



Elaborado por: El autor

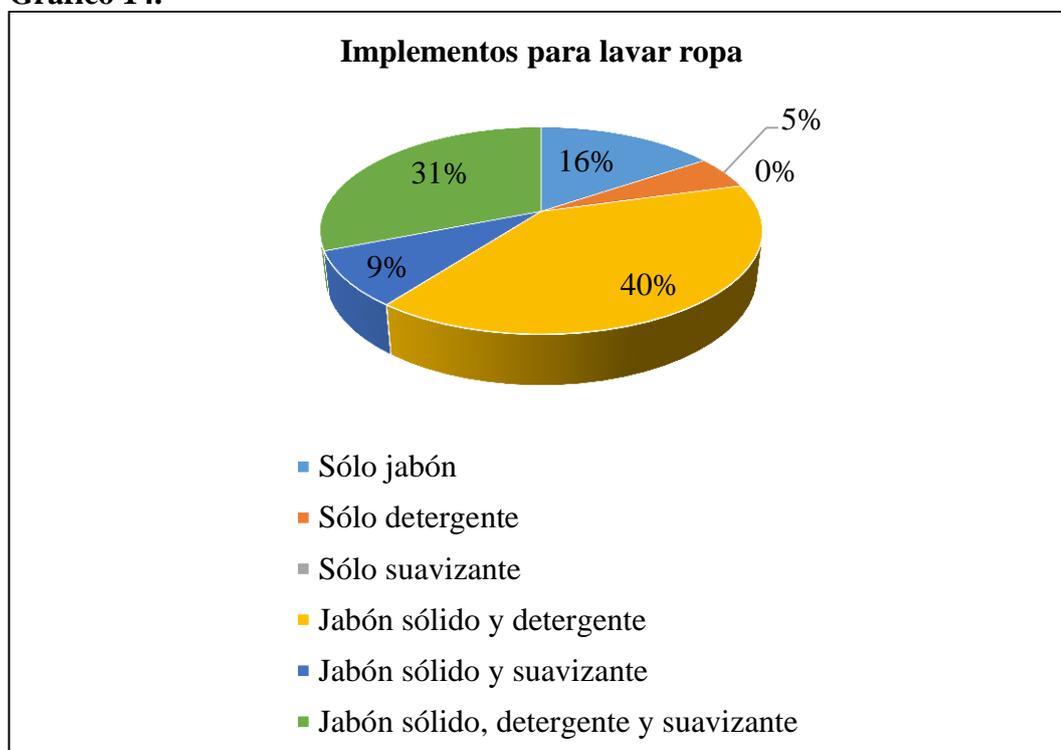
**Interpretación:** En el gráfico 13, con respecto al periodo de lavar ropa, un 41% de los habitantes lava su ropa todos los días, un 24% dos veces a la semana, un 21% una vez a la semana y finalmente un 14% de la población lava su ropa en otro periodo; en conclusión la mayoría de los habitantes de Yawari tienden a lavar su ropa todos los días de la semana. Debido a que todos los días se duchan dos veces, y esto conlleva a utilizar más prendas de vestir durante la semana.

**Tabla 16.** Al lavar la ropa, usted utiliza:

Pregunta	Alternativa	f	%
9	Sólo jabón	9	16%
	Sólo detergente	3	5%
	Sólo suavizante	0	0%
	Jabón sólido y detergente	23	40%
	Jabón sólido y suavizante	5	9%
	Jabón sólido, detergente y suavizante	18	31%
	<b>TOTAL</b>		<b>58</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 14.**



Elaborado por: El autor

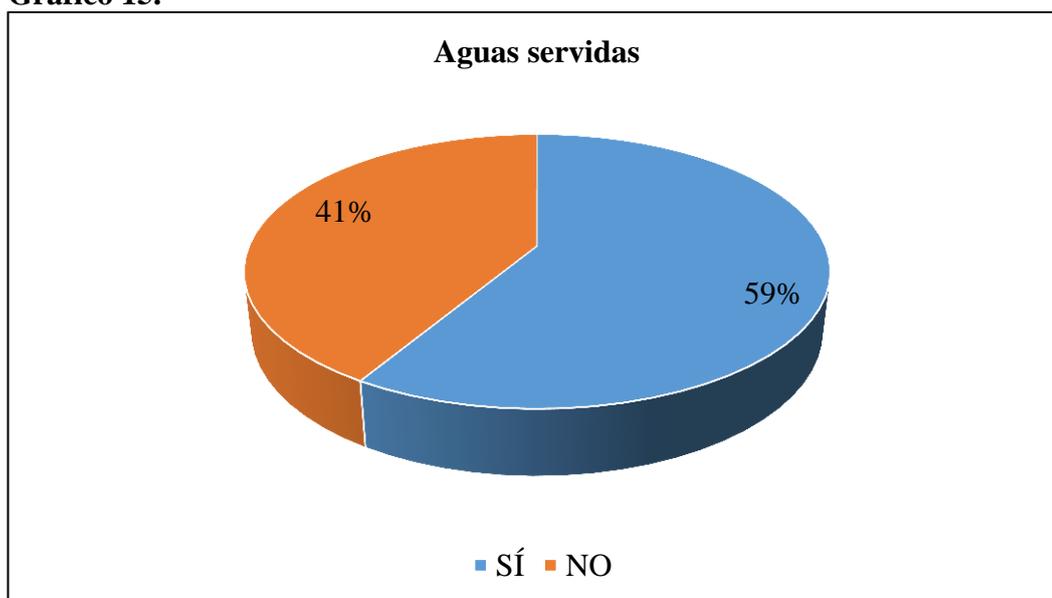
**Interpretación:** En el gráfico 14, con respecto a los implementos de lavar ropa, un 40% de los habitantes utiliza jabón sólido y detergente, un 31% utiliza jabón sólido, detergente y suavizante, un 16% utiliza solo jabón sólido, un 9% jabón sólido y suavizante, un 5% solo utiliza detergente y nadie utiliza solo suavizante para lavar ropa, siendo el 0%; en conclusión la mayoría de los habitantes de Yawari lavan su ropa con jabón sólido y detergente.

**Tabla 17.** ¿Sabe usted que son aguas servidas?

Pregunta	Alternativa	f	%
10	SÍ	34	59%
	NO	24	41%
	<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 15.**



Elaborado por: El autor

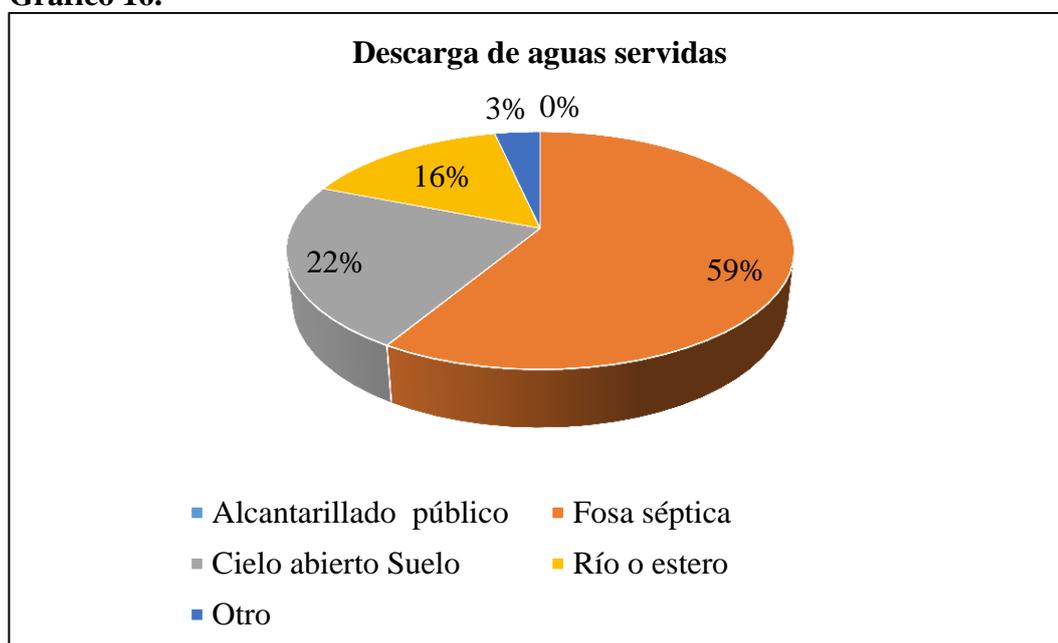
**Interpretación:** En el gráfico 15, con respecto al conocimiento sobre que son las aguas servidas, un 59% sí sabe que son las aguas servidas, mientras que un 41% desconoce del tema; en conclusión la mayoría de los habitantes de la Comunidad de Yawari, conoce sobre las aguas servidas. Muchas de las personas tienen conocimiento de las aguas servidas debido a que hay necesidad de un alcantarillado y agua potable en la comunidad, y se han dado charlas de socialización con respecto al tema, por parte de las instituciones competentes.

**Tabla 18.** Las aguas servidas de su hogar son descargadas a:

Pregunta	Alternativa	f	%
11	Alcantarillado público	0	0%
	Fosa séptica	34	59%
	Cielo abierto Suelo	13	22%
	Río o estero	9	16%
	Otro	2	3%
	<b>TOTAL</b>		<b>58</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 16.**



Elaborado por: El autor

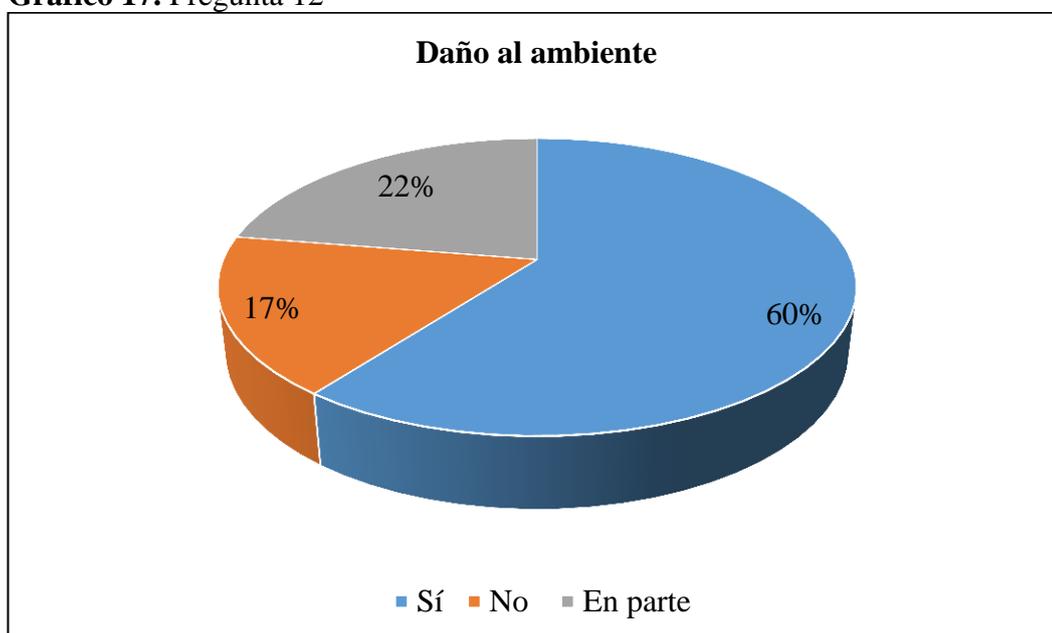
**Interpretación:** En el gráfico 16, con respecto a las descargas de aguas servidas, un 59% descarga sus aguas a una fosa séptica, un 22% descarga al suelo, un 16% descarga a un estero, un 3% descarga sus aguas otro sistema y ninguno descarga a un alcantarillado público, siendo el 0%; en conclusión la mayoría de los habitantes de la Comunidad de Yawari, descargan las aguas servidas a una fosa séptica y no existe un alcantarillado público en el sector. Ya que la mayoría de las casas se encuentran en la parte central de la comunidad y a su vez están alejados del estero.

**Tabla 19.** ¿Cree usted que las descargas de las aguas servidas, causan daño al ambiente?

Pregunta	Alternativa	f	%
12	Sí	35	60%
	No	10	17%
	En parte	13	22%
	<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 17.** Pregunta 12



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 17, con respecto a las descargas de aguas servidas, que puedan causar daño al ambiente, un 60% de los habitantes afirma que sí, un 22% dice que es en parte el daño al ambiente, mientras que un 17% dice que no causan daño; en conclusión las personas encuestadas en la Comunidad de Yawari afirma que las descargas de aguas servidas causan un daño al ambiente. Muchas de las familias conocen el daño que puede hacer las descargas de aguas servidas sin tratar, sobre todo en los ríos; ya que afirman que estás aguas generan daños a la salud humana.

**Tabla 20.** ¿Construiría usted un sistema de tratamiento de aguas servidas para su casa?

Pregunta	Alternativa	f	%
13	Sí	35	60%
	No	23	40%
	<b>TOTAL</b>	<b>58</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: El autor

**Gráfico 18.**



Elaborado por: El autor

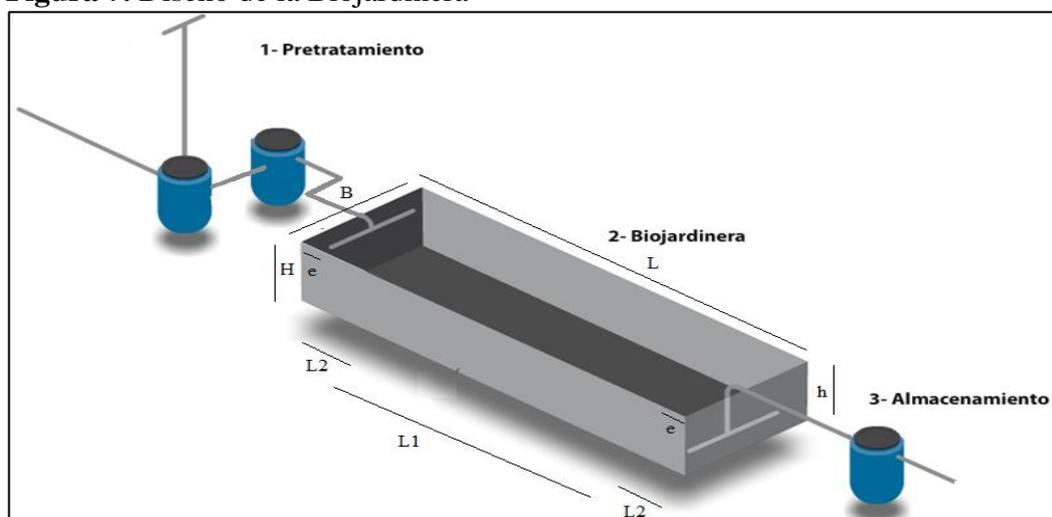
**Interpretación:** En el gráfico 18, con respecto a la construcción de un sistema de tratamiento de aguas servidas para su casa, un 60% de los habitantes afirma que sí lo construiría, mientras que un 40% dice que no lo construiría; en conclusión la mayoría de las personas encuestadas en la Comunidad de Yawari afirma que si construiría un sistema de tratamiento de aguas servidas para su casa. Sin embargo muchas personas afirman que solo construirían un sistema de tratamiento de aguas servidas si tuvieran tiempo, espacio y los recursos económicos necesarios para hacerlo.

**6.2. Diseñar y construir una Biojardinera mediante Fitodepuración, para el tratamiento de aguas grises en una vivienda de la Comunidad de Yawari.**

**6.2.1. Selección del diseño**

Se diseñó y construyó una biojardinera, para el tratamiento y reutilización de aguas grises domiciliarias, con un volumen de  $4,20 \text{ m}^3$ , con una capacidad para una familia de 7 personas, con un consumo diario de agua de 120 litros. (Ver Anexo 7)

**Figura 7.** Diseño de la Biojardinera



Fuente: ALIANZA POR EL AGUA 2014

Editado por: El autor

**Tabla 21.** Dimensiones de la Biojardinera

Dimensiones		Unidades	Número de personas y consumo de agua por día
			7 personas - 120 litros/día
B	Ancho	m	1,50
L	Largo	m	4,00
H	Profundidad	m	0,70
L <sub>1</sub>	Piedra Bola	m	3,00
L <sub>2</sub>	Piedra triturada	m	0,50
e	Distancia del talud	m	0,15
h	Profundidad	m	0,70

Fuente: ALIANZA POR EL AGUA 2014

Editado por: El autor

**a. Número de personas que habitan en la vivienda**

La biojardinera fue diseñada para una casa habitada por una cantidad de siete personas.

**b. Consumo de agua diario**

El consumo de agua diario en el hogar donde se implementó la biojardinera fue de aproximadamente de 120 litros/día.

**c. Área requerida**

El área requerida para la construcción de la biojardinera fue de 12 m<sup>2</sup>, ubicado detrás de la vivienda.

**d. Costo**

El costo necesario para la construcción de la biojardinera, fue de 511,03 USD, y dependió de la calidad de materiales utilizados en su construcción. (Ver tabla 23)

**6.2.2. Construcción de la Biojardinera**

**a) Materiales**

**Tabla 22.** Materiales utilizados en la construcción de la biojardinera

<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>
Recipiente plástico (30 gal.)	unidad	3
Tubería sanitaria (1 ¼ pulg.)	m	6
T's PP (1 ¼ pulg.)	unidad	8

Continúa...

...Continuación

<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>
Codo PP (1 pulg.)	unidad	1
Codo PP 45° (1 ¼ pulg.)	unidad	2
Plástico (1,5 m de ancho)	m	7
Bushing PP (1 - 1 ¼ pulg.)	unidad	1
Tapones PP (1 ¼ pulg.)	unidad	2
Pegatubo	unidad	1
Y's PVC (1 ¼ pulg.)	unidad	2
Pega tanque	unidad	1
Teflón industrial	unidad	1
Permatex	unidad	1
Piedra Bola	m <sup>3</sup>	2
Piedra Triturada	m <sup>3</sup>	9
Cemento	sacos	2

**Elaborado por:** El autor:

#### **b) Condiciones del terreno**

El lugar donde se construyó la biojardinera tiene como diferencia de nivel 25 cm con respecto a la salida de las aguas grises de la vivienda. La pendiente del terreno es ligeramente plana, y la textura del suelo es franco-arcillosa.

#### **c) Trabajos iniciales**

Se colocó 8 estacas de madera de 1 metro de largo; ubicada dos a cada esquina donde se construyó la biojardinera. Luego se amararon cuerdas a cada estaca, para posteriormente ubicar los niveles correspondientes.

- **Medidas de las estacas**

Longitud de estaca = 1 m

Número de estacas = 8 unidades

#### **d) Excavación y Verificación de Medidas**

Se realizó la excavación en forma de talud con las dimensiones establecidas en el diseño propuesto anteriormente. Las cuerdas de nivelación sirvieron para verificar la profundidad. La verificación de medidas fue muy importante hacerlas, ya que si éstas no son correctas, fallan los cálculos que se hicieron para estimar la cantidad de los materiales requeridos y nivel requerido para la pendiente.

- **Medidas de la excavación para la biojardinera**

Ancho = 1,50 m

Largo = 4,00 m

Profundidad = 0,70 m

#### **Fotografía 2.**



Excavación del terreno

#### **e) Colocación de plástico**

Se colocó el plástico sobre la excavación, para evitar que las aguas grises se salgan de la biojardinera; ya que ésta debe permanecer impermeable, para que el agua a tratar no se infiltre en el suelo. (Ver fotografía 4)

- **Medidas del plástico**

Ancho = 4,00 m

Largo = 7,00 m

**f) Preparación de los tubos de PVC**

En la entrada de agua de la biojardinera, en la parte superior se colocó un tubo con perforaciones, a todo lo ancho, es decir de manera horizontal para la distribución del agua que viene de los recipientes del tratamiento primario.

**Fotografía 3.**



Colocación de tubos (salida de aguas grises del tratamiento primario)

Otro tubo igual con perforaciones se colocó en el extremo opuesto de la biojardinera, pero en la parte inferior, con el propósito de recoger el agua limpia ya tratada que saldrá de la biojardinera.

Los tubos tienen tapones en los extremos. El agua ingresa o sale de los tubos por una “T” (1” y ¼) colocada en el centro de la tubería, así el agua se distribuirá uniformemente hacia ambos lados. Las perforaciones en los tubos fueron de 3 cm de ancho y la separación entre ellas fue de 5 cm.

Las marcas en los tubos se hicieron a partir de uno de los bordes, marcando la primera a 5 cm, luego una raya a 2 cm de la anterior, otra raya a los 5 cm, otra raya a los 2 cm, otra a los 5 cm, hasta llegar al final de esa pieza de tubo y procurando dejar aproximadamente 5 cm en el otro extremo.

- **Medidas para las perforaciones**

Distancia de perforación = 0,05 m

Ancho de perforación = 0,02 m

**g) Colocación de Materiales**

Se colocaron en los tramos de longitud L2 piedra bola y en el tramo central de la longitud L1 piedra triturada. Además para amortiguar el peso de las piedras, se colocó cartones sobre el plástico. (Ver Fotografía 4)

- **Medidas**

L = 4,00 m

L1 = 3,00 m

L2 = 0,50 m

**Fotografía 4.**



Colocación de piedra bola y piedra triturada

### **6.2.3. Construcción del tratamiento primario**

#### **a) Características para los recipientes**

Los recipientes utilizados para el tratamiento primario son de PVC, tienen cada uno, una capacidad 30 galones. Fue importante que los recipientes tengan tapas para impedir que los gases salgan y se evite la producción de mosquitos. Las tapas se cerraron en forma hermética pero con una facilidad de quitarlas, para hacer el respectivo mantenimiento. (Ver fotografía 5)

#### **b) Verificación de Niveles**

Se verificó los respectivos niveles con respecto a las distancias de la biojardinera; además se tomó el nivel respecto a la salida de las aguas grises de la casa, teniendo una diferencia de 0,15 m de altura con respecto al primer recipiente. (Ver fotografía 5)

#### **c) Preparación de las piezas de PVC para la entrada y salida de Líquidos**

Dentro de cada recipiente se colocaron las T's para la entrada y la salida de las aguas. Estas piezas tienen la función de actuar como una "pantalla" reductora de la velocidad que pueda traer el agua y a la vez ser el medio utilizado para detener las partículas que flotan.

De esa manera se provoca la retención de grasas y residuos sólidos, para que no pasen hacia la biojardinera. Tanto las piezas de la entrada, como las de la salida, se colocarán a la misma altura o profundidad en cada recipiente, una opuesta a la otra. (Ver fotografía 5)

### **Fotografía 5.**



Colocación de recipientes (Tratamiento primario)

#### **d) Colocación de Chimenea para la salida de Gases**

Se colocó la línea de ventilación en el primer recipiente, situándose la salida del gas en la parte más alta del recipiente, ya que los gases tienden a acumularse en las partes altas. La chimenea se encuentra a una altura de 3 m, sobre el techo de la vivienda.

#### **e) Colocación de los recipientes**

Antes de colocar los recipientes, se realizaron las excavaciones respectivas, con una dimensión mayor al ancho de los recipientes. Se ubicó cada recipiente en la excavación que le corresponde. Se comprobó los niveles correspondientes, principalmente en las entradas y salidas de los tubos, ya que de eso depende que el agua circule. (Ver fotografía 6)

#### 6.2.4. Selección de plantas macrófitas emergentes.

Se seleccionaron plantas macrófitas propias del sector donde se realizó la investigación. Las plantas fueron sembradas en la biojardinera a una profundidad de 0,20 m y con una distancia de 0,60 m una de otra, un día después de su operación.

**Cuadro 9.** Plantas utilizados en la Biojardinera

Nombre Común	Especie	Familia
Caña agria	<i>Costus scaber</i>	COSTACEAE
Ginger	<i>Alpinia purpurata</i>	ZINGIBERACEAE
Lirio blanco	<i>Hedychium coronarium</i>	ZINGIBERACEAE
Platanilla	<i>Canna indica</i>	CANNACEAE
Platanilla, bandera española	<i>Canna x generalis</i>	CANNACEAE
Platanillo	<i>Heliconia latisphata</i>	HELICONIACEAE
Platanillo	<i>Heliconia rostrata</i>	HELICONIACEAE

Fuente: ALIANZA POR EL AGUA 2014

Elaborado por: El autor:

#### Fotografía 6.



Biojardinera (3 semanas)

### 6.2.5. Vertido ó aprovechamiento de las aguas tratadas

#### a) Unidades y salida de aguas tratadas

Las aguas ya tratadas en la biojardinera, son descargadas a un recipiente plástico de 30 galones de capacidad para su almacenamiento. El agua tratada no está siendo aprovechada, debido a que no cumple con los parámetros establecidos en el TULSMA.

#### b) Situaciones por vertido

La descarga final, es decir el agua tratada es canalizada a través de un canal hacia una excavación, la misma que puede ser utilizada o seguir su cauce natural hacia un arroyo cercano.

### 6.2.6. Costo de Construcción

El costo necesario para la construcción de la biojardinera, fue calculado para una familia de 7 personas, siendo el volumen de la biojardinera de 4,20 m<sup>3</sup>. A continuación se detallan los costos de materiales utilizados en la construcción:

**Tabla 23.** Costo de construcción de la Biojardinera

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO USD	V.TOTAL USD
Recipiente plástico (30 gal.)	unidad	3	25,00	75,00
Tubería sanitaria (1 ¼ pulg.)	m	6	5,00	30,00
T's PP (1 ¼ pulg.)	unidad	8	3,50	28,00
Codo PP (1 pulg.)	unidad	1	0,75	0,75
Codo PP 45° (1 ¼ pulg.)	unidad	2	2,90	5,80

Continúa...

...Continuación

<b>DETALLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V. UNITARIO USD</b>	<b>V.TOTAL USD</b>
Plástico (7 m x 1,5 m)	m	7	1,50	10,50
Bushing PP (1 - 1 ¼ pulg.)	unidad	1	1,50	1,50
Tapones PP (1 ¼ pulg.)	unidad	2	1,25	2,50
Pegatubo	unidad	1	1,00	1,00
Y's PVC	unidad	2	0,80	1,60
Pega tanque	unidad	1	6,50	6,50
Teflón industrial	unidad	1	1,25	1,25
Permatex	unidad	1	1,80	1,80
Piedra Bola	m <sup>3</sup>	2	15,00	30,00
Piedra Triturada	m <sup>3</sup>	9	16,67	150,03
Cemento	saco	2	8,40	16,80
Maestro	día	2	40,00	80,00
Obreros	día	4	15,00	60,00
<b>TOTAL USD</b>				<b>511,03</b>

Elaborado por: El autor:

### **6.3. Evaluar la eficiencia de la Biojardinera mediante la interpretación del análisis físico-químico del agua.**

Para cumplir con este objetivo se tomó como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98 y el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, TULSMA. El proceso de la investigación está determinado por una serie de pasos protocolizados con el fin de conseguir resultados reales, respecto a la calidad del agua. Las muestras fueron tomadas 7 semanas después de la construcción de la Biojardinera. El análisis físico-químico del agua, fue de acuerdo a la normativa vigente, Tabla 9, de los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce, Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

### **6.3.1. Procedimientos para el muestreo de agua para el análisis físico-químico del agua**

#### **a) Punto de muestreo**

Con la ayuda del GPS marca Garmin Oregón 64, se tomó como punto de muestreo en el tanque de almacenamiento del agua tratada, para determinar la calidad del agua.

#### **b) Selección de recipientes**

Para evitar la contaminación cruzada se utilizó envases plásticos completamente nuevos y esterilizados. Se utilizaron dos envases plásticos de 2 litros para la recolección de la muestra.

#### **c) Precauciones generales del muestreo**

Se tomó en cuenta las siguientes precauciones, para realizar un correcto muestreo, libre de contaminación y confusiones.

- Se utilizó 2 envases plásticos esterilizados de dos litros cada uno, para que no contaminen las muestras.
- Se enjuagó los envases 3 veces con el agua ya tratada, antes de ser recolectada.
- Se identificó las muestras con una etiqueta cada una. (Ver fotografía 17)

#### **d) Tipo de muestra**

Se recolectó una muestra simple de 4.000 ml de agua ya tratada, con el fin de cumplir con todas las condiciones y requerimientos específicos para el análisis

en el laboratorio, ya que la cantidad mínima requerida en el laboratorio fue de 3.000 ml. La muestra fue recolectada a tempranas horas del día.

**e) Llenado del recipiente**

Se llenó los dos envases de forma total y se tapó completamente de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte.

**f) Identificación de las muestras**

Para la identificación de las muestras se elaboró un membrete en el cual se detalla la información de la muestra para una correcta interpretación de los resultados.

**Cuadro 10.** Etiqueta de identificación para el análisis físico-químico del agua.

 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>  <b>INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN</b>  <b>DEL MEDIO AMBIENTE</b>  <b>PC - SEDE TENA</b></p>					
MUESTRA DE AGUA PARA ANÁLISIS					
N° de muestra:		Punto de muestreo:		Coordenadas:	
				X	Y
Lugar de muestreo:					
Fecha de muestreo:		Fecha de ingreso a laboratorio:			
Hora:		Hora:			
Muestreo realizado por:					
Observaciones:					

Elaborado por: El Autor

### g) Transporte de la muestra

Se colocó la muestra en un cooler con hielo en su interior, a una temperatura de 4 a 5 °C; luego se envió inmediatamente vía terrestre al Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LABCESTTA, ubicado en la Ciudad de Riobamba en las inmediaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. El tiempo de recorrido de la muestra hasta el laboratorio fue aproximadamente de 5 horas.

### h) Recepción de la muestra

La muestra fue receptada en el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LABCESTTA, ubicado en la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; y en ocho días laborables el laboratorio entregó los resultados de los análisis.

## 6.3.2. Determinación de parámetros para el análisis de laboratorio

Los resultados de los parámetros físicos y químicos, fueron de acuerdo a la tabla 9, de los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

**Tabla 24.** Resultados de los parámetros físicos y químicos del agua

Parámetros	Unidades	Método	Resultado	Incertidumbre (K=2)
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	PEE/CESTTA/09/ Standard Methods N° 5220 D	383	±8%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	PEE/CESTTA/46/ Standard Methods N° 5210 B	180	±15%

Continúa...

...Continuación

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Incertidumbre (K=2)</b>
Aceites y grasas	mg/l	PEE/CESTTA/42/ Standard Methods N° 5210 B	<2	±30%
Potencial Hidrógeno	-	PEE/CESTTA/05/ Standard Methods N° 4500 -H <sup>+</sup> B	6,43	±0,2
Cloruros	mg/l	PEE/CESTTA/15/ Standard Methods N° APHA 4500- Cl <sup>-</sup> C	98	±4%
Sulfatos	mg/l	PEE/CESTTA/18/ Standard Methods N° 4500 -SO <sup>2</sup> 4 E	<8	±25%
Fluoruros	mg/l	PEE/CESTTA/73/ Standard Methods N° 4500 F-D	0,27	±20%
Sólidos Totales	mg/l	PEE/CESTTA/10/ Standard Methods N° 2540 B	136	±12%
Sólidos Suspendedos	mg/l	PEE/CESTTA/13/ Standard Methods N° 2540 D	72	±20%
Fósforo Total	NMP/100 ml	PEE/CESTTA/13/ Standard Methods N° 4500-P B5/APHA 4500- PC	5,80	±13%

**Elaborado por:** El autor

### 6.3.3. Comparación de los parámetros físicos y químicos del agua

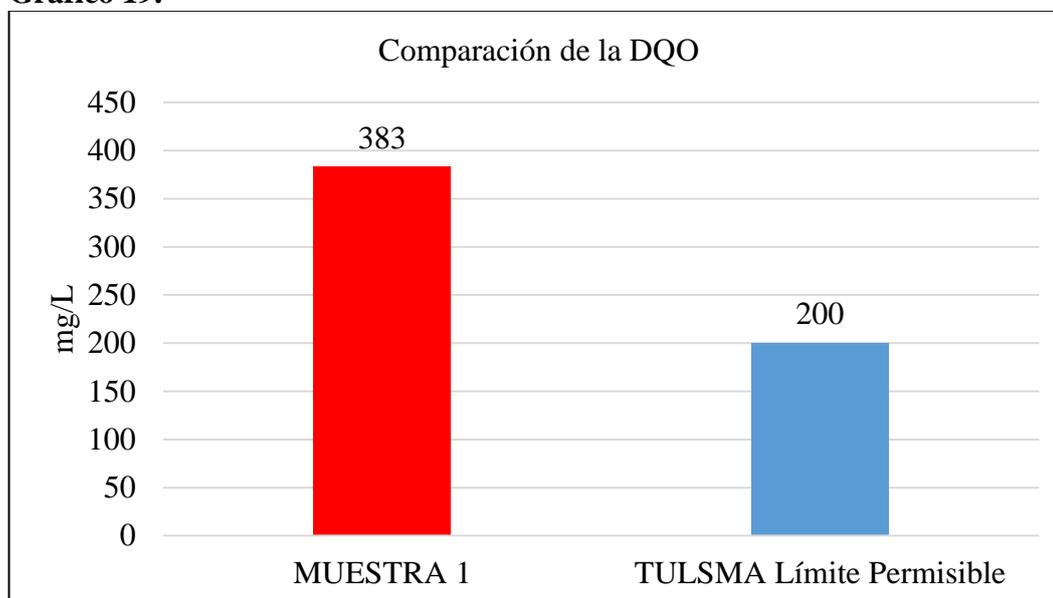
**Tabla 25.** Comparación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Comparación con la normativa legal vigente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 de los Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	Muestra 1	TULSMA Límite Permissible
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	383	200

Elaborado por: El autor

**Gráfico 19.**



Elaborado por: El autor

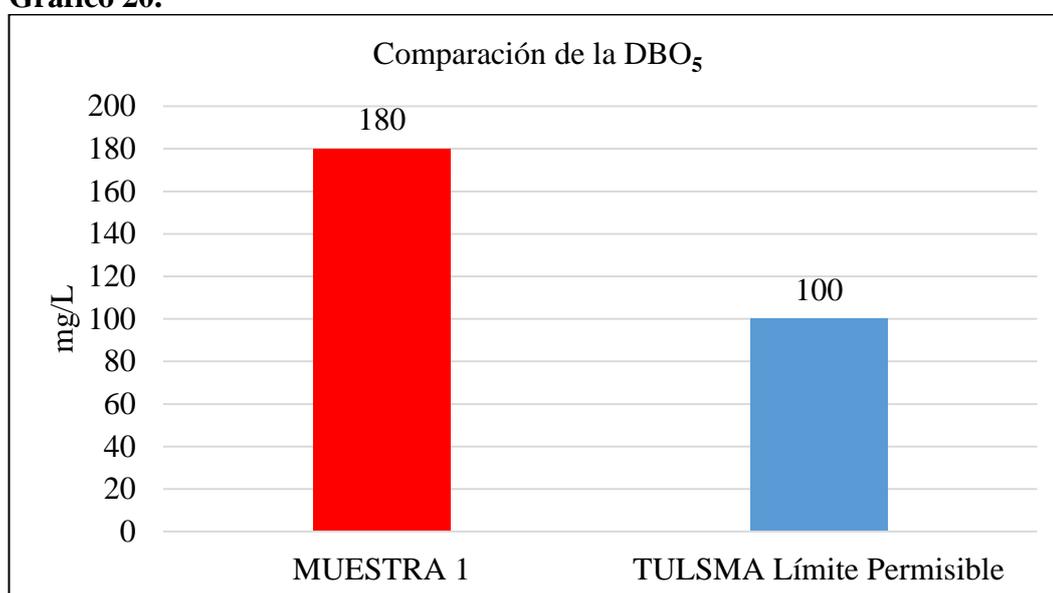
**Interpretación:** En el gráfico 19, el resultado de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es de 383 mg/L y el límite máximo permisible es de 200 mg/L, es decir sobrepasa el límite; determinado así que el parámetro no cumple con el límite máximo permisible como lo estipula en la Norma del TULSMA. La Demanda Química de Oxígeno elevada, indica que se necesita una gran cantidad de oxígeno para oxidar químicamente la materia orgánica y materia oxidable contenida en el agua.

**Tabla 26.** Comparación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)  
**Comparación con la normativa legal vigente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 de los Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	Muestra 1	TULSMA Límites Permisibles
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	180	100

Elaborado por: El autor

**Gráfico 20.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 20, el resultado de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO<sub>5</sub>) es de 180 mg/L y el límite máximo permisible es de 100 mg/L, es decir sobrepasa el límite; determinado así que el parámetro no cumple con el límite máximo permisible como lo estipula en la Norma del TULSMA. La Demanda Bioquímica de Oxígeno elevada, indica que se requiere una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos contenida en el agua.

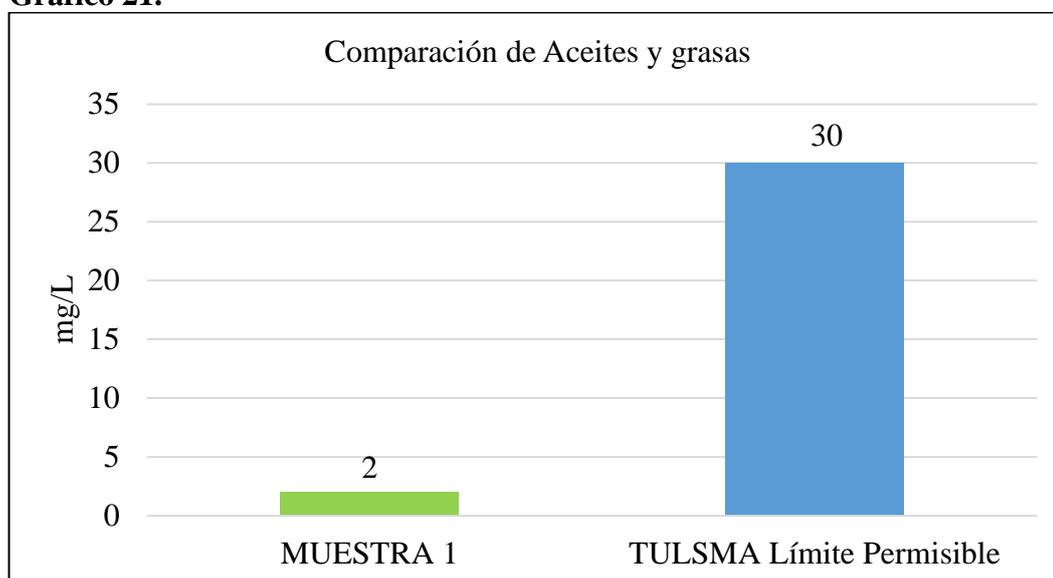
**Tabla 27.** Comparación de Aceites y grasas

**Comparación con la normativa legal vigente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 de los Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	Muestra 1	TULSMA Límites Permisibles
Aceites y grasas	mg/L	<2	30

Elaborado por: El autor

**Gráfico 21.**



Elaborado por: El autor

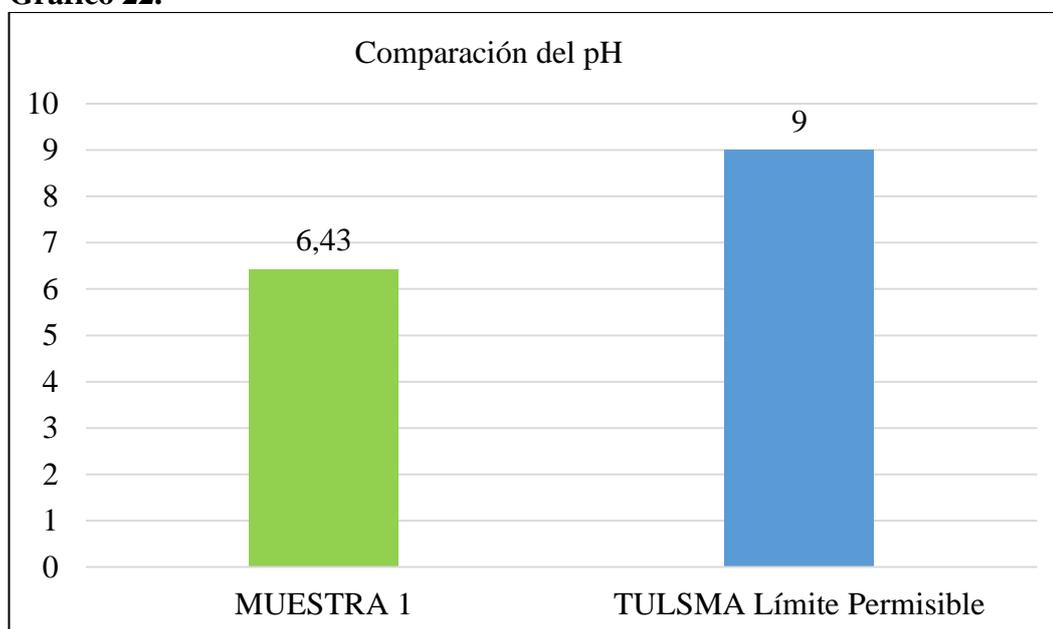
**Interpretación:** En el gráfico 21, el resultado de Aceites y grasas es menor a 2 mg/L y el límite máximo permisible es de 30 mg/L; determinado así que el parámetro cumple con el límite máximo permisible estipulado en la Norma del TULSMA.

**Tabla 28.** Comparación del Potencial Hidrógeno (pH)

<b>Comparación con la normativa legal vigente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 de los Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>TULSMA Límites Permisibles</b>
Potencial Hidrógeno	-	6,43	6-9

Elaborado por: El autor

**Gráfico 22.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 22, el resultado de Potencial Hidrógeno (pH) es igual a 6,43 unidades y el límite máximo permisible es de 6-9 unidades; determinado así que la muestra cumple con el límite máximo permisible estipulado en la Norma del TULSMA.

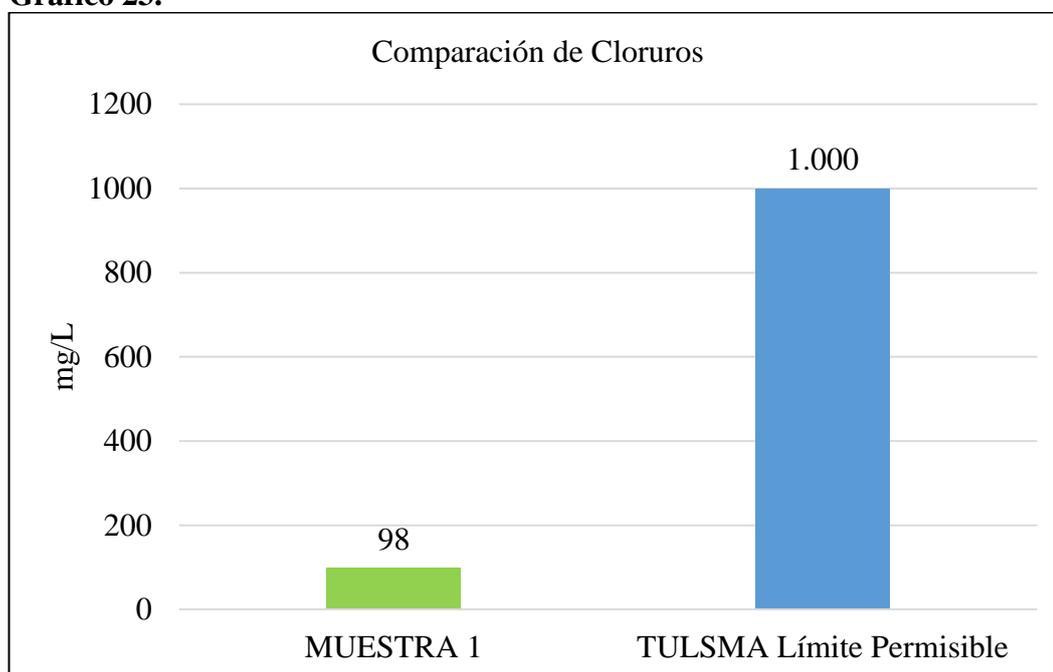
**Tabla 29.** Comparación de Cloruros

**Comparación con la normativa legal vigente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 de los Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	Muestra 1	TULSMA Límites Permisibles
Cloruros	mg/L	98	1.000

Elaborado por: El autor

**Gráfico 23.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 23, el resultado de los Cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) es igual a 98 mg/L y el límite máximo permisible es de 1.000 mg/L; determinado así que el parámetro cumple con el límite máximo permisible estipulado en la Norma del TULSMA.

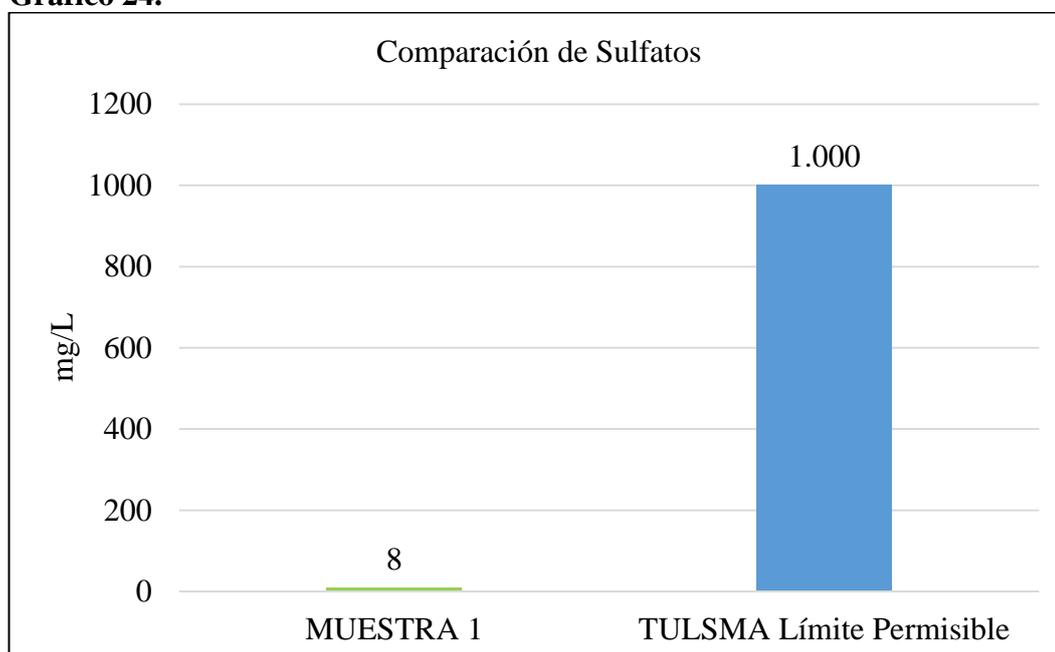
**Tabla 30.** Comparación de Sulfatos

**Comparación con la normativa legal vigente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 de los Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.**

Parámetro	Unidades	Muestra 1	TULSMA Límites Permisibles
Sulfatos	mg/L	<8	1.000

Elaborado por: El autor

**Gráfico 24.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 24, el resultado de los Sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) es igual a 8 mg/L y el límite máximo permisible es de 1.000 mg/L; determinado así que el parámetro cumple con el límite máximo permisible estipulado en la Norma del TULSMA.

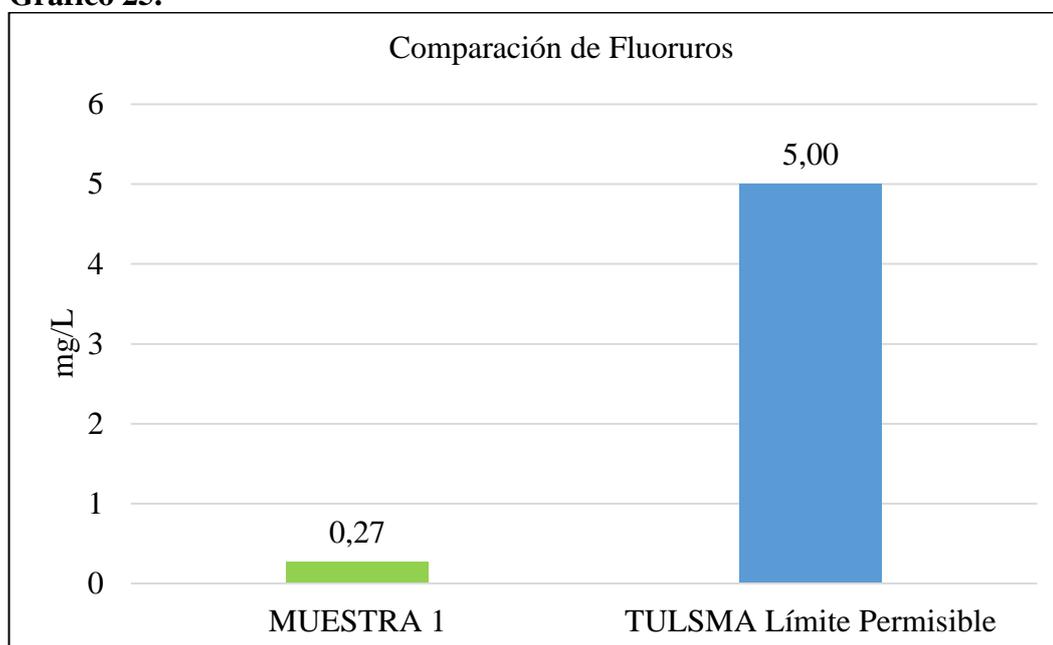
**Tabla 31.** Comparación de Fluoruros

**Comparación con la normativa legal vigente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 de los Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>TULSMA Límites Permisibles</b>
Fluoruros	mg/L	0,27	5,00

Elaborado por: El autor

**Gráfico 25.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 25, el resultado de los Fluoruros (F) es igual a 0,27 mg/L y el límite máximo permisible es de 5,00 mg/L; determinado así que el parámetro cumple con el límite máximo permisible estipulado en la Norma del TULSMA.

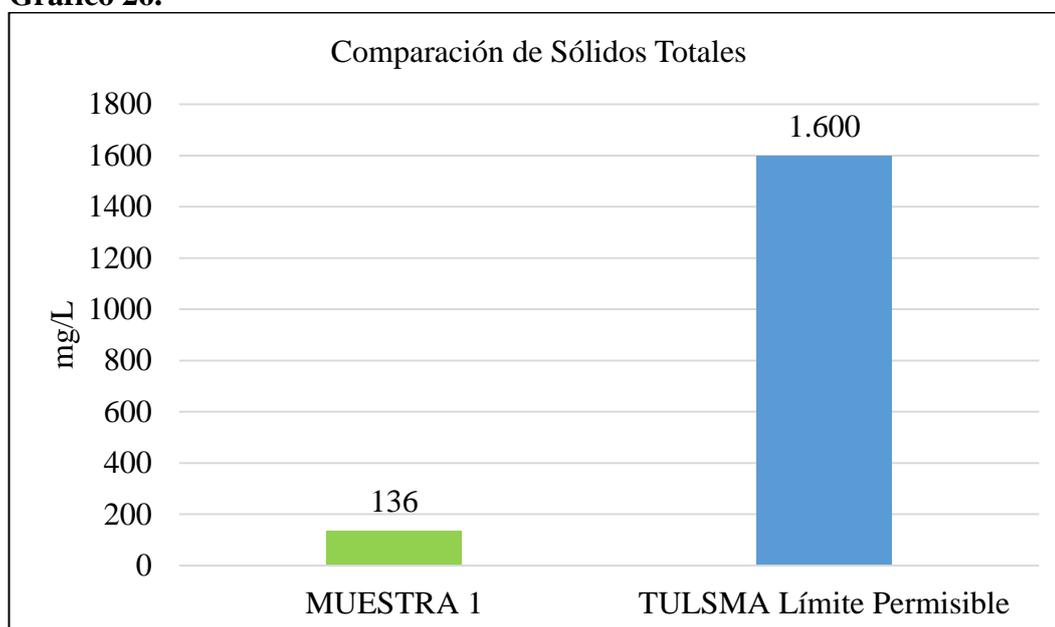
**Tabla 32.** Comparación de Sólidos Totales

**Comparación con la normativa legal vigente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 de los Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>TULSMA Límites Permisibles</b>
Sólidos Totales	mg/L	136	1.600

Elaborado por: El autor

**Gráfico 26.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 26, el resultado de los Sólidos totales (ST) es igual a 136 mg/L y el límite máximo permisible es de 1.600 mg/L; determinado así que el parámetro cumple con el límite máximo permisible estipulado en la Norma del TULSMA.

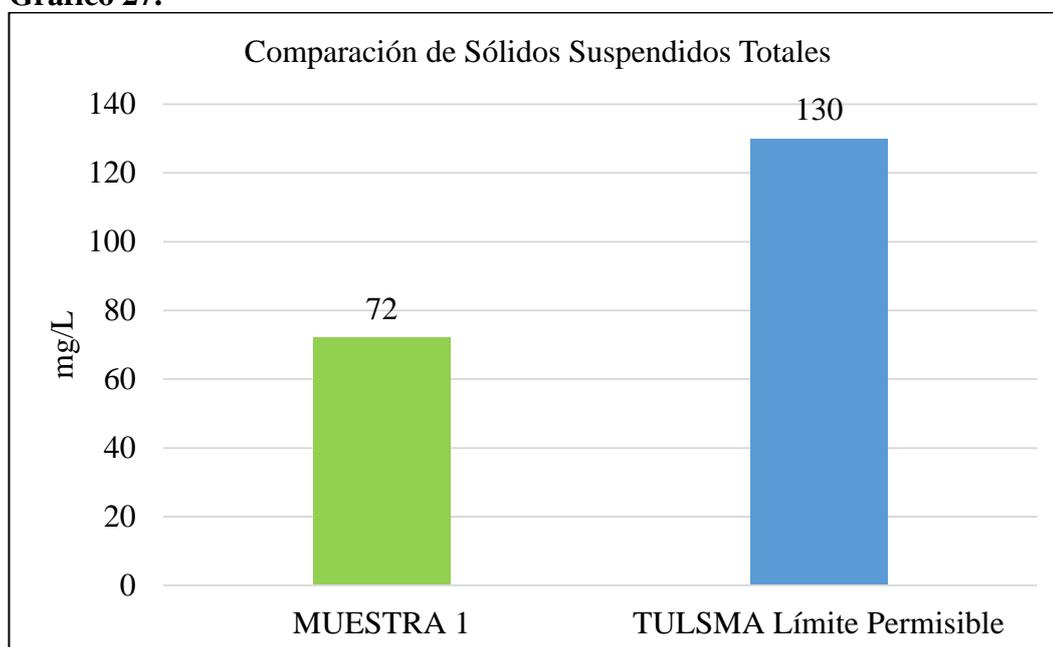
**Tabla 33.** Comparación de Sólidos Suspendidos Totales

**Comparación con la normativa legal vigente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 de los Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>TULSMA Límites Permisibles</b>
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	72	130

Elaborado por: El autor

**Gráfico 27.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 27, el resultado de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) es igual a 72 mg/L y el límite máximo permisible es de 130 mg/L; determinado así que el parámetro cumple con el límite máximo permisible estipulado en la Norma del TULSMA.

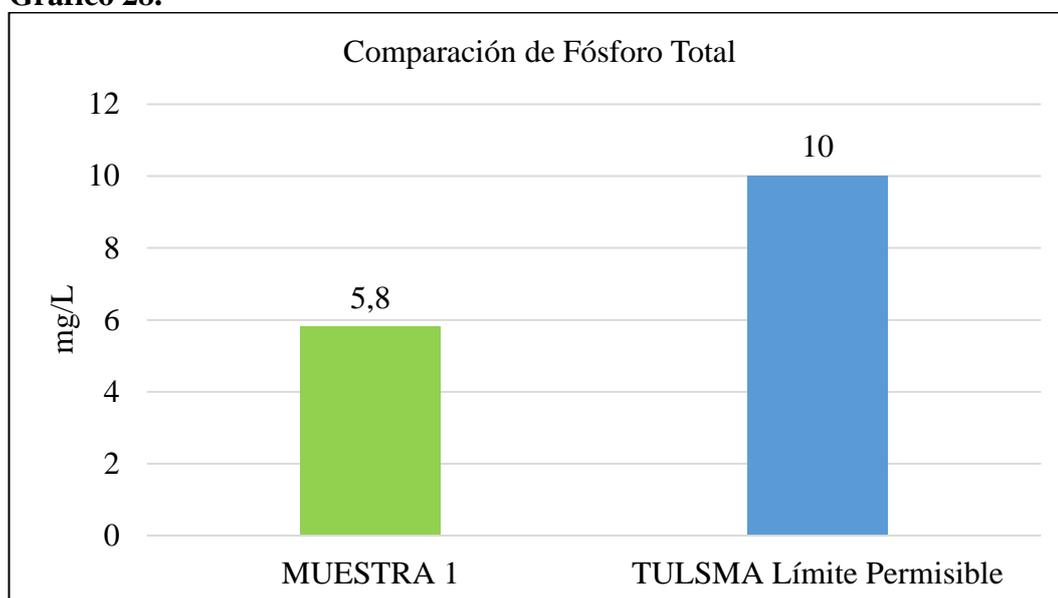
**Tabla 34.** Comparación de Fósforo Total

**Comparación con la normativa legal vigente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 de los Límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>TULSMA Límites Permisibles</b>
Fósforo Total	mg/L	5,80	10,0

Elaborado por: El autor

**Gráfico 28.**



Elaborado por: El autor

**Interpretación:** En el gráfico 28, el resultado de Fósforo Total (P) es igual a 5,8 mg/L y el límite máximo permisible es de 10 mg/L; determinado así que el parámetro cumple con el límite máximo permisible estipulado en la Norma del TULSMA.

## **G. DISCUSIÓN**

### **7.1. Levantar la línea base de la Comunidad Yawari.**

Se realizó el levantamiento la línea base de la Comunidad de Yawari, donde se describió el área de estudio, se planificó el trabajo de campo, se empleó la metodología de Testimonio local para recabar información ambiental y se procesó la información obtenida. Según Medianero Burga (2011), el estudio de la línea base es una investigación aplicada, realizada con la finalidad de describir la situación inicial de la población objetivo de un proyecto, así como del contexto pertinente, a los efectos de que esta información pueda compararse con mediciones posteriores y de esta manera evaluar objetivamente la magnitud de los cambios logrados en virtud de la implementación de un proyecto.

La Comunidad de Yawari se encuentra ubicada a una altitud de 623 msnm. Se caracteriza por tener un clima cálido tropical. Según los datos del centro meteorológico Chaupi Shungo (2015), la temperatura media anual fue de 23,92°C, y la pluviosidad de 4.060,30 mm. El sector no tiene zonas de riesgo de alto nivel, sus pendientes son menores al 5% de inclinación. El sistema hidrográfico del sector se encuentra constituido principalmente por el Río Misahuallí. No existen actividades que generen alteración a la atmosfera, por lo que se puede definir como un aire libre de contaminación y respirable. Se caracteriza por tener poca presencia de vegetación, la cual corresponde principalmente a pastos y cultivos agrícolas. Garmendia Salvador, Salvador Alcaide, Crespo Sánchez, & Garmendia Salvador (2005), mencionan que en los inventarios ambientales, hay que indentificar, censar y cartografiar todos los lementos del medio afectados por las acciones del proyecto planteado.

En el sector se registró, 40 especies de plantas: plantas alimenticias, medicinales y maderables, según la comparación de estas familias y especies con el Diccionario de plantas útiles del Ecuador (2012). La fauna en el área de influencia es muy escaza, se observó exclusivamente especies comunes y

adaptadas a las condiciones antrópicas, según la comparación de las especies con el libro rojo de mamíferos del Ecuador (2011). En la Comunidad de Yawari existen aproximadamente 290 habitantes; cuentan con los servicios básicos de líneas telefónicas, internet, energía eléctrica, alumbrado público, agua entubada y vías de acceso. La población en su mayoría pertenece a la nacionalidad kichwa; practican sus costumbres, tradiciones y su religión es la católica.

## **7.2. Diseñar y construir una Biojardinera mediante Fitodepuración, para el tratamiento de aguas grises en una vivienda de la Comunidad de Yawari.**

Para Moncada Corrales (2011), las dimensiones de la biojardinera son de 5 m de largo, 1 m de ancho y 0,70 m de profundidad, con 3 tanques de tratamiento primario. Para esta investigación se diseñó y construyó una biojardinera, para el tratamiento y reutilización de aguas grises domiciliarias, siendo las dimensiones de 4 m de largo, 1,50 m de ancho y 0,70 m de profundidad (volumen 5,25 m<sup>3</sup>), con 2 tanques de tratamiento primario, para una familia de 7 personas.

Según Bermeo Castillo & Santín Torres (2010), la vegetación es un factor muy importante de los humedales artificiales. Por tanto, la elección de la especie se hará analizando los requerimientos del hábitat de cada una para escoger la que mayores ventajas presente y preferiblemente sean plantas locales adaptadas a las condiciones del sitio. Para la siembra se seleccionaron plantas macrófitas emergentes propias de la Comunidad Yawari. Las plantas sembradas en la biojardinera fueron las siguientes: *Canna indica*, *Canna x generalis*, *Costus scaber*, *Heliconia latisphata*, *Heliconia rostrata*, *Musa coccinea*, *Coix lacryma-jobi*, *Alpinia purpurata* y *Hedychium coronarium*

### **7.3. Evaluar la eficiencia de la Biojardinera mediante la interpretación del análisis físico-químico del agua.**

Según los criterios de calidad de agua para descarga a un cuerpo de agua dulce, que están estipulados en el Libro VI, Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes de Recurso Agua del TULSMA, se obtuvo que los parámetros como Aceites y grasas, Potencial hidrógeno (pH), Cloruros (Cl<sup>-</sup>), Sulfatos (SO<sub>4</sub>), Fluoruros (F<sup>-</sup>) sólidos totales (ST), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Fósforo Total (P) están por debajo de los límites máximos permisibles, excepto la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), determinado así que las aguas no son aptos para la descarga a un cuerpo de agua dulce; debido a que las plantas aún no han alcanzado su desarrollo, para una mejor oxigenación de las aguas tratadas.

Según los resultados obtenidos por Muñoz Soto (2015), del análisis de calidad del agua, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) fue igual a 783,00 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) igual a 423,00 mg/L y Potencial hidrógeno (pH) igual a 6,39 unidades, muestra tomada de las aguas grises ya tratadas (Biojardinera). En ésta investigación se obtuvo los siguientes resultados: Demanda Química de Oxígeno (DQO) igual a 383,00 mg/L, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) igual a 180,00 mg/L y Potencial hidrógeno (pH) igual a 6,43 unidades; determinado así que la biojardinera es más eficiente con respecto al diseño propuesto por Muñoz Soto (2015).

## H. CONCLUSIONES

- Se concluyó que la Comunidad de Yawari se encuentra ubicada a una altitud de 623 msnm, con una población de 383 habitantes; se caracteriza por tener un clima cálido tropical, con una temperatura media anual de 23,92 °C. El sector no tiene zonas de riesgo de alto nivel, sus pendientes son menores al 5% de inclinación, no existen actividades que generen alteración a la atmosfera. Se registró 40 especies de plantas; la fauna es muy escasa. La comunidad cuenta con los servicios básicos de líneas telefónicas, internet, energía eléctrica, alumbrado público, agua entubada y vías de acceso.
- Se diseñó y construyó una biojardinera para una familia de 7 personas con dimensiones de 4 m de largo, 1,50 m de ancho y 0,70 m de profundidad, con un volumen de 5,25 m<sup>3</sup>. Para el tratamiento primario se utilizó 2 tanques de 30 galones y un tanque para el almacenamiento de las aguas grises ya tratadas. El costo de construcción, operación y mantenimiento de la biojardinera, resulta más económico que los tratamientos convencionales.
- Se concluyó que parámetros: Aceites y grasas, Potencial hidrógeno (pH), Cloruros (Cl<sup>-</sup>), Sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), Fluoruros (F<sup>-</sup>) sólidos totales (ST), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Fósforo Total (P) están por debajo de los límites máximos permisibles, excepto la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>),
- Mediante los resultados físico-químicos del agua obtenidos en el muestreo, se concluyó que las aguas grises tratadas a las siete semanas de la construcción y operación de la biojardinera, no cumplen con los parámetros de descarga a un cuerpo de agua dulce, establecido en el Anexo 1, Libro VI del TULSMA.

## I. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones llegadas se recomienda lo siguiente:

- Tomar en cuenta los datos obtenidos en el levantamiento de la línea base de la Comunidad de Yawari, como referencia para los diferentes proyectos que se puedan realizar en el sector.
- Aplicar el diseño propuesto en la investigación en otras comunidades rurales similares a la Comunidad de Yawari, con el fin de tratar las aguas grises domiciliarias, la misma que permitirá mitigar impactos al ambiente y a la salud.
- Realizar un control del uso eficiente de la biojardinera para disminuir la cantidad de contaminantes en el agua, con una posterior evaluación ambiental.
- Capacitar a la familia beneficiaria para un uso racional y sistemático de la biojardinera, en cuanto a la operación y mantenimiento de la misma; y socializar la experiencia con otras familias de comunidades cercanas.

## J. BIBLIOGRAFÍA

- ACEPESA. (2005). *La Biojardinera: Una alternativa natural para limpiar las aguas grises de nuestra casa*. Obtenido de <https://cotodofrade.files.wordpress.com/2009/08/aguas-grises.pdf>
- ACEPESA. (2010). *Manual para la construcción y Mantenimiento de biojardineras*. Obtenido de <http://www.alianzaporelagua.org/saneamiento/publicaciones/13-2-edicion-2010-manual-para-la-construccion-y-mantenimiento-de-biojardineras>
- AGUASRESIDUALES.INFO. (2010). *La Fitodepuración y Evapotranspiración para el tratamiento de las aguas residuales urbanas de ECODENA*. Obtenido de <http://www.aguasresiduales.info/revista/reportajes/fitodepuracion-y-evapotranspiracion-para-el-tratamiento-de-las-aguas-residuales-urbanas-e-industriales>
- Alianza por el Agua. (2008). *Manual de depuración de aguas residuales urbanas*. ideasmares.
- Alvira Martín, F. (2011). *La encuesta: una perspectiva general metodológica (2da. ed.)*. Madrid: CIS - Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Barba, E. (s.f.). *CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>
- Bermeo Castillo, L. E., & Santín Torres, J. L. (2010). *Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá*. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1346/3/Lorena.pdf>
- Carpio, D. (2013). *Análisis de eficiencia de fitorremediación de dos plantas nativas del oriente ecuatoriano para tratamiento de aguas grises y negras en humedales artificiales en el campamento AMO 1, Bloque 16*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6543/1/T-ESPE-STO%20D.-002470.pdf>

- Congreso Nacional del Ecuador. (06 de Agosto de 2014). *Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental*. Obtenido de [http://www.utpl.edu.ec/obsa/wp-content/uploads/2012/09/ley\\_de\\_prevencion\\_y\\_control\\_de\\_la\\_contaminacion\\_ambiental.pdf](http://www.utpl.edu.ec/obsa/wp-content/uploads/2012/09/ley_de_prevencion_y_control_de_la_contaminacion_ambiental.pdf)
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de Aguas Residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia.
- Diputación de Barcelona. (2010). *El ahorro del agua doméstica*. Obtenido de <https://www1.diba.cat/uliep/pdf/49525.pdf>
- ECODENA. (2015). *Fitodepuración (Humedales Artificiales)*. Obtenido de <http://www.ecodena.com/fitodepuracion-y-evapotranspiracion.html>
- Ecuador. (2008). Constitución Política del Ecuador. Montecristi.
- ECUADOR. (6 de Agosto de 2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos*. Obtenido de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- Fernández González, J. (2009). *Humedales artificiales para depuración*. Obtenido de <http://www.fundacionglobalnature.org/macrophytes/documentacion/Cap%EDtulos%20Manual/Cap%EDtulos%206.pdf>
- Franco, M. v. (2007). *Tratamiento y Reutilización de Aguas Grises*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Fraume Restrepo, N. J. (2006). *Diccionario Ambiental*. Bogotá: Editorial Kimpres Ltda.
- Fundación Mamíferos y Conservación. (2011). *Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador*. Obtenido de <http://librorojo.mamiferosdelecuador.com/>
- Garmendía Salvador, A., Salvador Alcaide, A., Crespo Sánchez, C., & Garmendía Salvador, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Greywater Action. (Abril de 2015). *Manual de diseño para manejo de Aguas Grises*. Obtenido de <http://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>
- HABITAR. (2010). *Biofiltros Domiciliares*. Obtenido de <http://www.ideassonline.org/public/pdf/BrochureBiofiltro.pdf>

- INEN, I. E. (1998). *Agua, Calidad de agua, Muestreo, Manejo y Conservación de la muestra*. Obtenido de [law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf](http://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf)
- Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas . (s.f.). *Parámetros y características de las aguas naturales*. Obtenido de <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/parametros1.pdf>
- ISSUE. (Octubre de 2006). *Creando jardines para limpiar nuestra agua*. Costa Rica: Segura Hermanos S.A.
- Jaramillo Garcés, A. V., & Vizuete Montero, M. O. (2013). *La calidad de agua residual doméstica evacuadas al Río Gayllabamba.UTA*. Obtenido de La calidad de agua residual doméstica evacuadas al Río Gayllabamba.UTA: [http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5715/1/Tesis\\_t825mshi.pdf](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5715/1/Tesis_t825mshi.pdf)
- MAE. (04 de Mayo de 2015). *Acuerdo Ministerial N° 061. Reforma Libro VI TULSMA*. Obtenido de Acuerdo Ministerial N° 061. Reforma Libro VI TULSMA: <http://www.cip.org.ec/attachments/article/2749/AM%20061%20REFORMA%20LIBRO%20VI%20TULSMA.pdf>
- MAE. (2016). *Norma de la Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*. Ecuador. Obtenido de <http://asamblea.com.ec/normativas>
- Medianero Burga, D. (2011). *Metodología de Estudios de Línea Base*. Obtenido de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/2011\\_n15/pdf/a05.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/2011_n15/pdf/a05.pdf)
- Moncada Corrales, S. (Mayo de 2011). *Proyecto Biojardineras*. Obtenido de [http://bibliodigital.itcr.ac.cr/bitstream/handle/2238/2874/Informe\\_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliodigital.itcr.ac.cr/bitstream/handle/2238/2874/Informe_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Morales Mira, G. (2008). *Tendencias de la investigación en ingeniería ambiental*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Muñoz Soto, N. E. (Junio de 2015). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises por medio de biojardineras aplicado a viviendas rurales del departamento de Quiché*. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1058/>
- Ojeda Cuadros, M. (2012). *Caracterización físicoquímica y parámetros de calidad del agua de la planta de tratamiento de agua potable de Barrancabermeja*. Obtenido de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6919/2/145296.pdf>

- PUCE. (2012). *Diccionario de las plantas útiles del Ecuador*. Obtenido de <http://www.puce.edu.ec/sitios/ciencias-exactas/diccionario-plantas-utiles/>
- Rull, A. S. (2007). *Evacuación de Aguas Residuales en Edificios*. Barcelona, España: MARCOMBO, S.A.
- Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua Evaluación y diagnóstico*. Medellín, Colombia: Ediciones de la U.
- Tecnológica, F. (2012). *Uso de Biojardinera para el Tratamiento de Aguas grises*. Obtenido de <https://ingmariocastellon.files.wordpress.com/2013/09/brochure-biojardineras.pdf>

## K. ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

#### CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

**Objeto:** La siguiente encuesta tiene por objeto levantar información para la investigación:

**TEMA:** DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA BIOJARDINERA MEDIANTE FITODEPURACIÓN, PARA EL TRATAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES DOMICILIARIAS EN LA COMUNIDAD DE YAWARI.

**Solicito su colaboración / marque con una (x) la respuesta que crea necesaria.**

Fecha: ..... Parroquia.....Cantón.....

#### A.- DIAGNÓSTICO SOCIAL: *(Marque x)*

##### 1. Edad:

18-30años   
31 -60 años   
Más de 61 años

2. **Nacionalidad:** Ecuatoriana  Extranjera

3. **Género:** Masculino  Femenino

##### 4. ¿Cuál es su actividad económica?

E. Público   
E. Privada   
Agricultor   
Ama de casa   
Comercio

Otra Especifique:.....

#### B. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL *(Marque x)*

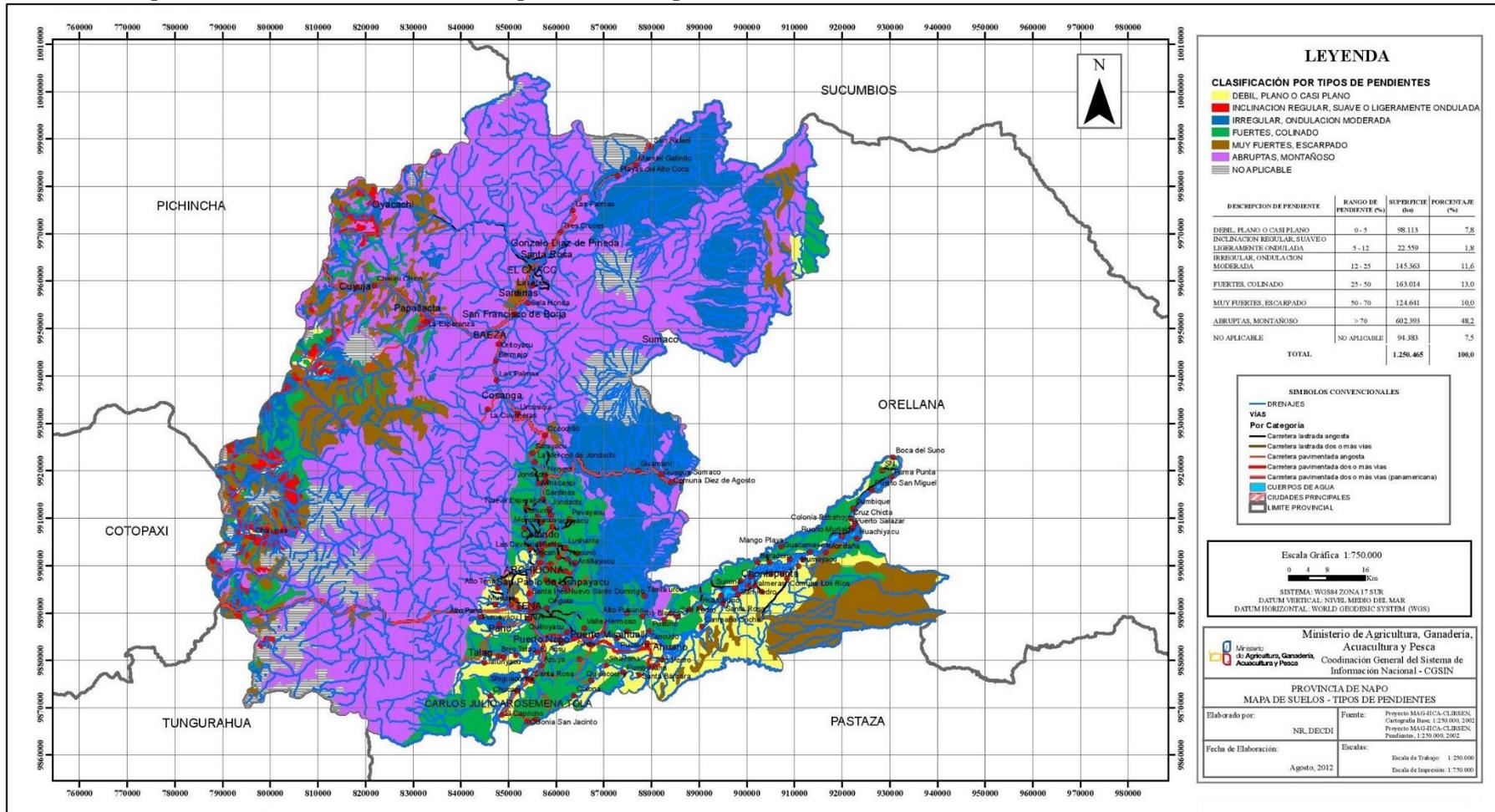
##### 5. ¿Cuántas personas habitan en su casa?

1 – 4 personas  5 – 7 personas  más de 7 personas

6. **¿Cuántas veces al día se baña?**  
 1 Vez       2 Veces       más de 2 veces
7. **¿Cuántas veces al día se cepilla los dientes?**  
 1 Vez       2 Veces       3 veces
8. **¿Cada qué tiempo usted lava la ropa?**  
 Todos los días       1 vez a la semana       2 veces a la semana   
 Otro especifique: .....
9. **Al lavar la ropa, usted utiliza:**
- |                                       |                          |
|---------------------------------------|--------------------------|
| Sólo jabón                            | <input type="checkbox"/> |
| Sólo detergente                       | <input type="checkbox"/> |
| Sólo suavisante                       | <input type="checkbox"/> |
| Jabón sólido y detergente             | <input type="checkbox"/> |
| Jabón sólido y suavisante             | <input type="checkbox"/> |
| Jabón sólido, detergente y suavisante | <input type="checkbox"/> |
10. **¿Sabe usted que son aguas servidas?**  
 Sí       No
11. **Las aguas servidas de su hogar son descargadas a:**
- |                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| Alcantarillado público | <input type="checkbox"/> |
| Fosa séptica           | <input type="checkbox"/> |
| Cielo abierto Suelo    | <input type="checkbox"/> |
| Río o estero           | <input type="checkbox"/> |
| Otro especifique       | .....                    |
12. **¿Cree usted que las descargas de las aguas servidas, causan daño al ambiente?**  
 Sí       No       En parte
13. **¿Construiría usted un sistema de tratamiento de aguas servidas para su casa?**  
 Sí       No

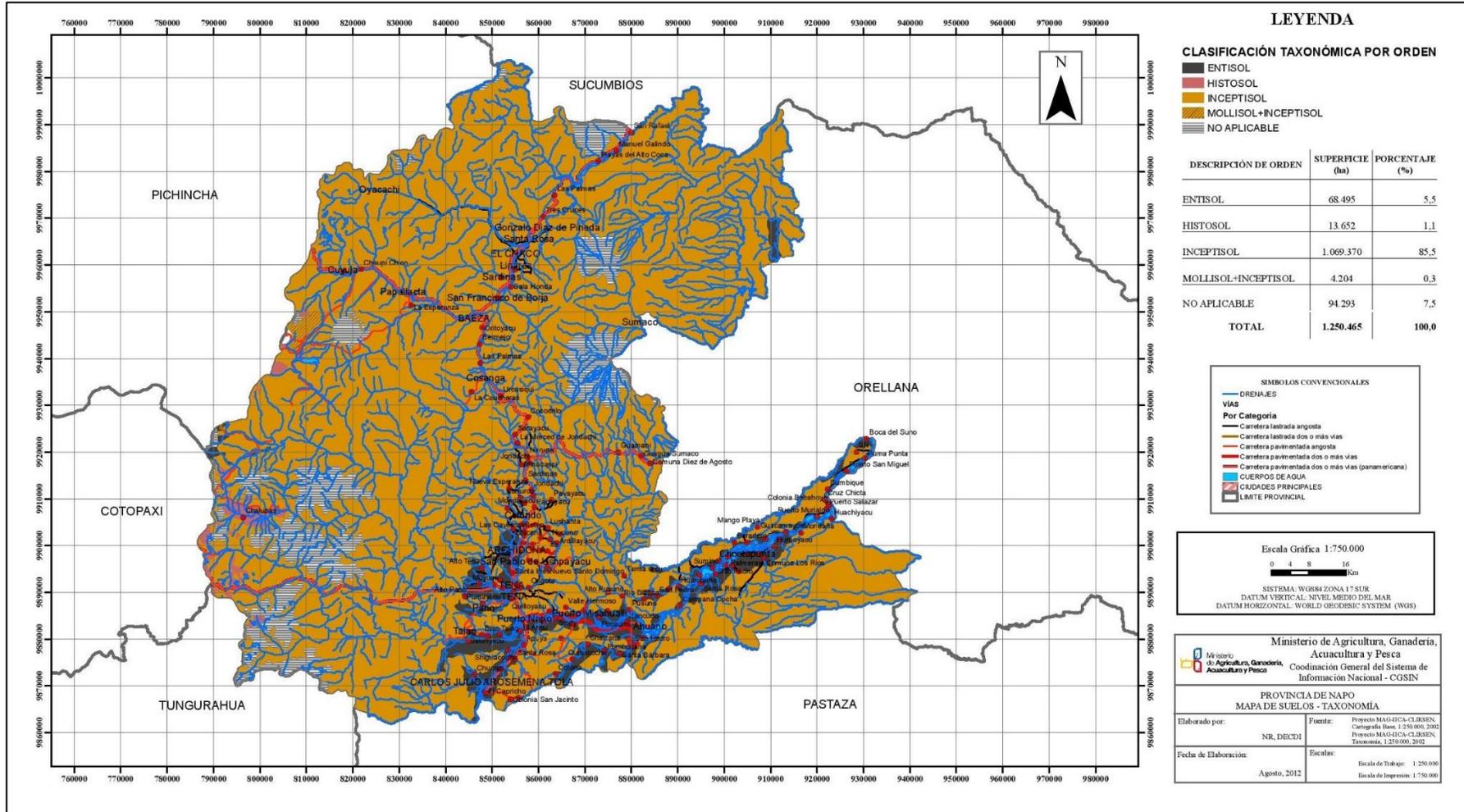
**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

**Anexo 2.** Mapa de suelos de la Provincia de Napo (Variable tipos de Pendientes)



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (2012).

**Anexo 3. Mapa de suelos de la Provincia de Napo (Variable Taxonomía)**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (2012).

#### Anexo 4. Resultado del análisis físico-químico del agua (Muestra 1)

 <p><b>CESTTA</b> SGC</p>	<p align="center"><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p align="center"><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
--	---	--

**INFORME DE ENSAYO No:** 1142  
**ST:** 574 – 16 ANÁLISIS DE AGUAS  
**Nombre Peticionario:** N.A.  
**Atn.** Omar José Shiguango Sh.  
**Dirección:** Archidona  
 Archidona - Napo

**FECHA:** 29 de Septiembre del 2016  
**NUMERO DE MUESTRAS:** 1  
**FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:** 2016/09/20 – 14:52  
**FECHA DE MUESTREO:** 2016/09/20 – 07:37  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 2016/09/20 – 2016/09/29  
**TIPO DE MUESTRA:** Agua residual  
**CÓDIGO CESTTA:** LAB-A 977-16  
**CÓDIGO DE LA EMPRESA:** NA  
**PUNTO DE MUESTREO:** PUNTO 1 X 188573 Y 9901125  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Físico – Químico  
**PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:** Omar Shiguango  
**CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:** T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

#### RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	.mg/L	383	±8%	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	180	±15%	100
Grasas y Aceites	PEE/CESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	±30%	30,0
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H <sup>+</sup> B	Unidades de pH	6,43	±0,2	6-9
Cloruros	PEE/CESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl <sup>-</sup> C	mg/L	98	±4%	1000
Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500- SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	mg/L	<8	±25%	1000
Fluoruros	PEE/CESTTA/73 Standard Methods No. 4500 F- D	mg/L	0,27	±20%	5,0
Sólidos Totales	PEE/CESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	136	±12%	1600
Sólidos Suspendidos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	72	±20%	130

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados  
**MC01-14**

Página 1 de 2  
 Edición 0

	<p align="center"><b>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</b></p> <p align="center"><b>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</b></p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>
---	---	--

Fosforo total	PEE/CESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500-PC	mg/L	5,80	±13%	10,0
---------------	---	------	------	------	------

**OBSERVACIONES:**

- Muestra transportada en refrigeración.
- Los parámetros marcados con (\*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde a los Límites máximos permitidos indicados en la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Solicitados por el cliente.

**RESPONSABLE DEL INFORME:**

*Mauricio Alvarez*  
Dr. Mauricio Alvarez  
RESPONSABLE TÉCNICO



## **Anexo 5. Mantenimiento de la Biojardinera**

### **Mantenimiento Frecuente**

- Las unidades para el tratamiento primario requieren de mantenimiento frecuente y dependerá de la cantidad de personas que habiten en la casa.
- Los trabajos de mantenimiento deben considerar la inspección de las cámaras, por lo menos una vez a la semana.
- Se deben remover las grasas flotando y los sólidos depositados en el fondo.
- Esos materiales que se recojan se depositarán en recipientes para su posterior tratamiento. Son desechos sólidos, que se podrán enterrar o colocar algunos de ellos en otros procesos, como los de compostaje.
- Es importante agregarles cal con el fin de evitar olores desagradables y que los sólidos se deshidraten.
- Se debe verificar con cierta frecuencia el estado de la línea de ventilación, la cual siempre debe tener su salida en partes altas, superior al nivel de la nariz de las personas

### **Mantenimiento a largo plazo**

- La biojardinera requiere de mantenimiento en períodos más largos y este depende del buen trabajo de mantenimiento frecuente y del tratamiento primario que se le dé a la Unidad.
- Cuando hay problemas para que el agua fluya, se empezarán a ver "charcos" o acumulaciones de agua, esto significa que se tienen zonas atascadas, llenas de sólidos. Será entonces necesario proceder a remover las piedras, lavarlas y volver a colocarlas en su sitio.

## Anexo 6. Fotografías

### Fotografía 7.



Ejecución de la encuesta

### Fotografía 8.



Preparación de materiales de construcción

**Fotografía 9.**



Piedra triturada

**Fotografía 10.**



Piedra bola

**Fotografía 11.**



Excavación del terreno (Construcción)

**Fotografía 12.**



Colocación del plástico y piedra bola

**Fotografía 13.**



Colocación de piedra triturada

**Fotografía 14.**



Colocación de hormigón armado al borde de la biojardinera

**Fotografía 15.**



Visita del Director de Tesis

**Fotografía 16.**



Toma de muestra de aguas grises tratadas

**Fotografía 17.**



Etiquetado de la muestra

**Fotografía 18.**



Tanque de tratamiento primario con residuos sólidos

**Fotografía 19.** Recolección de residuos sólidos



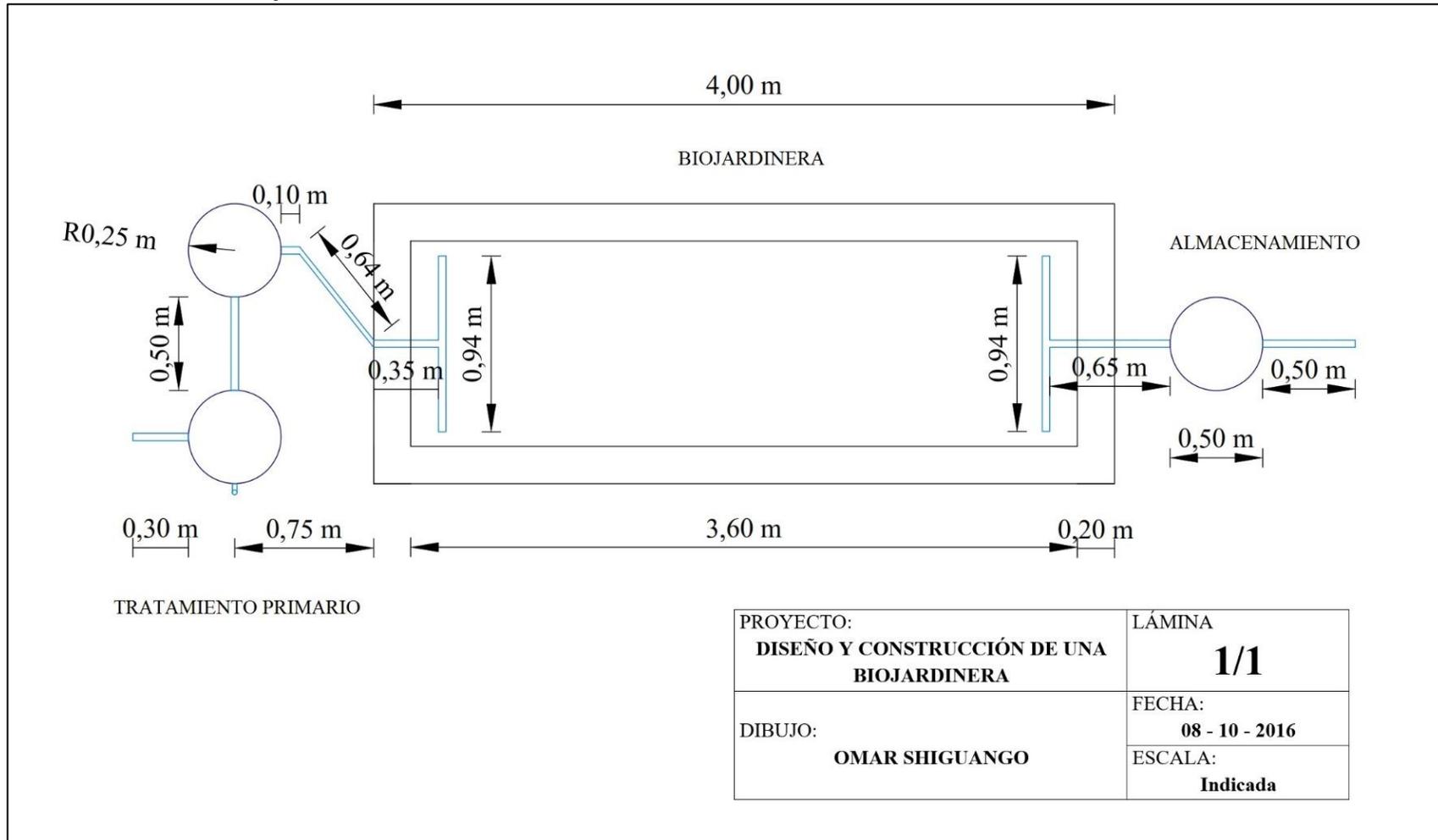
Recolección de residuos sólidos

**Fotografía 20.** Entierro de residuos sólidos con cal



Entierro de residuos sólidos con cal

**Anexo 7.** Plano de la Biojardinera.



Elaborado por: El Autor.

**Anexo 8.** Tabla de materiales según la Alianza por el Agua (2014).

Material requerido	Unidad medida	Número de personas y consumo de agua por día					
		4 personas 200 l/p/día	4 personas 120 l/p/día	7 personas 200 l/p/día	7 personas 120 l/p/día	10 personas 200 l/p/día	10 personas 120 l/p/día
<b>Tratamiento Primario</b>							
Recipientes plásticos con tapa	Unidades	2 de 84 litros	2 de 68 litros	2 de 148 litros	2 de 120 litros	3 de 141 litros	2 de 171 litros
T <sup>o</sup> PVC sanitarias (1,50 pulg)	Unidades	4	4	4	4	4	4
Tubería PVC sanitaria (1,50 pulg)	m	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Uniones PVC (1,50 pulg)	Unidades	4	4	4	4	4	4
Tubería PVC (1,00 pulg) ventilación	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Unión PVC (1,00 pulg)	Unidades	1	1	1	1	1	1
Codos sanitarios (1,00 pulg)	Unidades	3	3	3	3	3	3
Tubo silicón	Unidades	1	1	1	1	1	1
<b>Biojardinería</b>	<b>Unidad medida</b>	<b>4 personas 200 l/p/día</b>	<b>4 personas 120 l/p/día</b>	<b>7 personas 200 l/p/día</b>	<b>7 personas 120 l/p/día</b>	<b>10 personas 200 l/p/día</b>	<b>10 personas 120 l/p/día</b>
Piedra bola (4,00 – 5,00 pulg)	m <sup>3</sup>	1,16	0,92	2,08	1,39	3,00	1,85
Piedra cuarta (3/4 – 1,00 pulg)	m <sup>3</sup>	5,00	3,70	8,32	5,54	12,01	7,39
Plástico no < a 0,70 mm, 3,00 m ancho	m	7,00	5,60	10,60	7,60	14,60	10,00
Tubería PVC sanitaria (1,50 pulg)	m	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70	4,70
Tapones PVC sanitarios (1,50 pulg)	Unidades	6	6	6	6	6	6
T <sup>o</sup> PVC sanitarias (1,50 pulg)	Unidades	4	4	4	4	4	4
Tubo pegamento para PVC	Unidades	1	1	1	1	1	1
Cemento	Sacos	3	2	5	3	7	4
Sacos para cubrir el plástico	Unidades	54	35	90	56	123	77
<b>Unidad de salida del agua</b>	<b>Unidad medida</b>	<b>4 personas 200 l/p/día</b>	<b>4 personas 120 l/p/día</b>	<b>7 personas 200 l/p/día</b>	<b>7 personas 120 l/p/día</b>	<b>10 personas 200 l/p/día</b>	<b>10 personas 120 l/p/día</b>
Recipiente plástico con tapa	Unidades	1	1	1	1	1	1
Llave de paso PVC (1,50 pulg)	Unidades	2	2	2	2	2	2
Tubería PVC sanitaria (1,50 pulg)	m	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00