



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN GESTIÓN DEL DESARROLLO SOCIAL

**REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS
GRISES DOMÉSTICAS TRATADAS POR
FITORREMEDIACIÓN EN SAN
LORENZO ALMECATLA, PUE.**

MARÍA EUGENIA ORTEGA SÁNCHEZ

T E S I N A

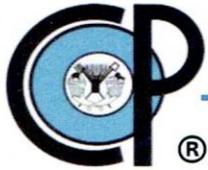
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA PROFESIONALIZANTE

PUEBLA, PUEBLA

2022



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesina, titulada: **REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES DOMESTICAS TRATADAS POR FITORREMEDIACIÓN EN SAN LORENZO ALMECATLA, PUE.** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA PROFESIONALIZANTE
GESTIÓN DEL DESARROLLO SOCIAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. IGNACIO CARRANZA CERDA

ASESOR: 
DR. LUCIANO AGUIRRE ÁLVAREZ

ASESOR: 
DR. JESÚS FELIPE ÁLVAREZ GAXIOLA

ASESORA: 
DRA. SONIA EMILIA SILVA GÓMEZ

Puebla, Puebla, México, diciembre del 2022

REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES DOMESTICAS TRATADAS POR FITORREMEDIACIÓN EN SAN LORENZO ALMECATLA, PUE.

Ortega Sánchez María Eugenia, M.P.

Colegio de Postgraduados, 2022

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla, los cuales presentan problemas con el desabasto, la falta de saneamiento, la mala calidad y la poca cantidad de agua. Haciendo necesario buscar soluciones para el tratamiento del agua residual; principalmente la reutilización del agua gris doméstica, debido a que el 65% de las aguas grises domésticas generadas al interior de los hogares representa un consumo significativo y pueden ser empleadas para un segundo uso.

La investigación se enfoca en un método mixto, la cual se basa en métodos cualitativos y cuantitativos. La premisa principal es la concientización y educación ambiental sobre la escasez del recurso hídrico, para generar sensibilización y motivación con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, con la finalidad es transformar su realidad y así lograr la reutilización del agua gris.

El trabajo en campo con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” influye de manera positiva en el desarrollo de la concientización debido a que se incluyeron actividades que dan información mediante un proceso de aprendizaje a partir de sus experiencias, haciendo posible la construcción de un tren de tratamiento (FITOECOFIL), en el cual la mayoría de los participantes mostraron interés en construir uno es su propia casa.

Palabras clave: concientización ambiental, educación ambiental, tratamiento de agua gris, talleres participativos, fitorremediación, trabajo en campo.

**REUSE OF DOMESTIC GRAYWATER TREATED BY
PHYTOREMEDIATION IN SAN LORENZO ALMECATLA, PUE.**

Ortega Sánchez María Eugenia, M.P.

Colegio de Postgraduados, 2022

ABSTRACT

This research was carried out with families of the Cooperative Society of Organic Producers “El Porvenir” in the town of San Lorenzo Almecatla; these families face problems with water shortages, lack of sanitation, poor quality and low quantity of water. Because of this, it is necessary to seek solutions for wastewater treatment, mainly the reuse of domestic gray water, since 65% of domestic gray water generated inside homes represents a significant consumption and can be used for a second use.

This research was done under a mixed method approach, which is based on qualitative and quantitative methods. The main premise is that awareness and environmental education on the scarcity of water resources, to generate awareness and motivation with the families of the Cooperative Society of Organic Producers “El Porvenir”, with the purpose to transform their reality and thus achieve the reuse of gray water.

The fieldwork with the families of the Cooperative Society of Organic Producers “El Porvenir” has a positive influence on the development of awareness because it includes activities that provide information through a learning process based on their experiences, making possible the construction of the treatment train (FITOECOFIL), which most of the participants showed interest in building one in their own homes.

Key words: environmental awareness, environmental education, gray water treatment, participatory workshops, phytoremediation, fieldwork.

Un proyecto que parecía un parecer una tarea titánica e interminable, quiero dedicar mi tesis:

- A mis padres, hermana y amigos por su constante apoyo en mi formación personal y profesional.
- A mis docentes por todas las enseñanzas brindadas contribuyendo a mi crecimiento personal

AGRADECIMIENTOS

La oportunidad de cursar la Maestría Profesionalizante en Gestión del Desarrollo Social y poder realizar el presente trabajo, ha sido posible gracias al apoyo muchas personas que confiaron en mí, a ellas toda mi gratitud.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) porque al concederme una beca hizo posible la realización de esta meta.

Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla; docentes e investigadores, los cuales me brindaron sus conocimientos para mi formación.

Quiero expresar mi agradecimiento al Dr. Ignacio Carranza Cerda, por brindarme su amplio conocimiento y experiencia, por ser parte fundamental de mi formación académica; pero sobre todo porque sin usted este sueño no se hubiera podido cumplir, gracias por darme la oportunidad, además por su disponibilidad, paciencia y apoyo; porque sus comentarios y aportaciones al trabajo ya que fueron determinantes para la conclusión de este trabajo de investigación.

A mi asesora de tesis externa la Dra. Sonia E. Silva por su dedicación y apoyo, porque usted fue la primera que me abrió las puertas y confió en mí, gracias. También le agradezco su tiempo y paciencia en el proceso.

A mis asesores de tesis el Dr. Jesús Felipe Álvarez Gaxiola y el Dr. Luciano Aguirre Álvarez, por el apoyo a lo largo de este proceso por sus valiosas observaciones y contribuciones.

A las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla, por la confianza brindada, por su apoyo, paciencia, por compartir sus conocimientos y permitirme entrar en sus hogares.

Para mí familia por su amor incondicional, su enorme paciencia y la motivación constante que me alentó a continuar. A mis padres Ma. Edith y Eugenio porque han

sido siempre un ejemplo de lucha, tenacidad y fortaleza. A mi hermana por aconsejarme cuando no podía más.

Quiero expresar también mi gratitud al Arq. Ignacio A. Zamora Apac por su apoyo, su comprensión y sus consejos por impulsarme a superarme cada día y alcanzar mis metas.

Y a Dios por estar conmigo en todo momento y darme la fortaleza necesaria para continuar.

Agradezco a cada una de estas personas, ya que su guía, apoyo, consejos y comprensión han sido clave para continuar con mi formación académica, pero sobre todo en mi crecimiento personal. Gracias a mis profesores ya que me aconsejaron y me alentaron en tiempos difíciles, a mis tutores de tesis, amigos les agradezco por formar parte de este nuevo logro.

Contenido

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Situación problemática.....	2
1.2 Descripción del problema de investigación.....	3
1.3 Planteamiento del problema de investigación.....	4
1.4 Formulación del problema.....	5
1.4.1 Formulación de la pregunta de investigación general.....	6
1.4.2 Formulación de preguntas específicas.....	6
1.5 Justificación	6
1.6 Objetivos	9
1.6.1 Objetivo general.....	9
1.6.2 Objetivos específicos	9
1.7 Delimitación de la investigación	9
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	11
2.1 Marco contextual	11
2.2 Antecedentes de la investigación	12
2.2.1 Antecedentes de capacitaciones ambientales.....	12
2.2.2 Casos de reutilización de agua a nivel mundial.....	13
2.2.3 Casos de reutilización de agua a nivel nacional.....	19
2.2.4 Casos de reutilización de agua a nivel regional	23
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	25
3.1 El concepto del medio ambiente.....	25
3.2 Educación ambiental	25
3.3 Conciencia ambiental	26
3.4 Cultura del agua.....	29

3.5 El uso del agua.....	32
3.6 Aguas residuales.....	32
3.7 Tipo de aguas residuales	32
3.8 Contaminación según su procedencia.....	36
3.9 El porcentaje de agua gris doméstica	41
3.10 Contaminación del agua gris doméstica	42
3.11 Tratamiento del agua gris doméstica	42
3.12 Ecotecnologías.....	45
3.12.1 Concepto Ecotecnologías	45
3.13 Biorremediación.....	47
3.13.1 Fitorremediación	47
3.14 Teoría del desarrollo sostenible	49
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA	52
4.1 Método de la investigación.	52
4.2 Enfoque de la investigación.....	52
4.3 Diseño de la investigación.	54
4.4 Población de estudio	54
4.5 Muestra del estudio	56
4.6 Etapa I: Conciencia y educación ambiental.....	56
4.6.1 Diagrama de flujo.....	57
4.6.2 Primera fase: motivación o sensibilización.....	58
4.6.3 Segunda fase: planificación de la capacitación.....	58
4.6.4 Tercera fase: diagnóstico.....	58
4.6.5 Cuarta fase: estructuración.	59
4.6.6 Quinta fase: proyecto.....	59
4.6.7 Técnicas e instrumentos de la recolección de la información	60
4.6.8 Observación participante	60
4.6.9 Entrevista semi-estructurada.....	60
4.6.10 Grupo focal.....	61
4.6.11 Diseño de los talleres participativos.....	61

4.7 Etapa II: Diseño e implementación del FITOECOFIL	65
4.7.1 Diagrama de flujo para la selección del diseño	65
4.7.2 Diagrama de implementación del FITOECOFIL.....	67
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSION	69
5.1 Etapa I: Conciencia y educación ambiental.....	69
5.1.1 El conocimiento de la investigación.....	69
5.1.2 Conexión a la red de agua potable.....	72
5.1.3 Acercamientos con las familias de la Sociedad Cooperativa “El Porvenir”	75
5.2 Etapa II: Diseño e implementación del FITOECOFIL	87
5.2.1 Instalación del tren de tratamiento con la familia Salinas	87
5.2.2 Cálculo y dimensionamiento	88
5.2.3 Datos del diseño.....	90
5.2.4 Vegetación.....	95
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....	97
CAPÍTULO VII. LITERATURA CITADA.....	99
ANEXOS.....	107
ANEXOS 1. Material para los talleres.	107
ANEXO 2. Carta descriptiva del primer taller.....	110
ANEXO 3. Carta descriptiva del segundo taller	111
ANEXO 4. Carta descriptiva del tercer taller	112
ANEXO 5. Carta descriptiva del cuarto taller	113
ANEXO 6. Primer diseño del FITOECOFIL	114
ANEXO 6. Primer diseño del FITOECOFIL	115
ANEXO 6. Primer diseño del FITOECOFIL	116
ANEXO 7. Evidencias fotográficas (talleres participativos).....	117

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos de urbanización y aguas residuales	36
Cuadro 2. Fuentes de aguas residuales y sus componentes	38
Cuadro 3. Contenido de aguas residuales industriales.....	39
Cuadro 4. Categoría de los contaminantes provenientes de la agricultura.	40
Cuadro 5. Parámetros y mecanismos de remoción de contaminantes.....	43
Cuadro 6. Tratamiento de las aguas residuales, ventajas y desventajas.....	44
Cuadro 7. Tipos de procesos de fitorremediación	48
Cuadro 8. Relación de las técnicas e instrumentos de investigación.....	60
Cuadro 9. Ficha técnica del primer taller participativo con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.....	62
Cuadro 10. Ficha técnica del segundo taller participativo con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.....	63
Cuadro 11. Ficha técnica del tercer taller participativo con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.....	64
Cuadro 12. Diseño de los prototipos del FITOECOFIL.....	66
Cuadro 13. Sustratos para el pre-diseño del FITOECOFIL	68
Cuadro 14. Vegetación sugerida para el FITOECOFIL.....	68
Cuadro 15. Cuadro del uso del agua al interior de sus hogares, durante la mañana, mediodía, tarde y noche.	79
Cuadro 16. Situación actual y deseada del tratamiento de agua gris en los hogares de los Productores Orgánicos “El Porvenir”.....	80
Cuadro 17. Acciones propuestas por la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de un modelo de apropiación social de la ciencia, tecnología e innovación.	8
Figura 2. Ubicación de San Lorenzo Almecatla.....	11
Figura 3. Biofiltro municipal de agua pluvial en Suecia (Sitio 1)	15
Figura 4. Biofiltro municipal de agua pluvial en Suecia (sitio 3)	15
Figura 5. Módulos piloto de humedales de flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales en España	18
Figura 6. Humedal artificial	21
Figura 7. Humedal artificial familiar	21
Figura 8. Lavadero ecológico.....	22
Figura 9. Biofiltro	22
Figura 10. Modelo de concientización ambiental (base teórica)	28
Figura 11. Gráfica del uso del agua potable en el hogar.....	41
Figura 12. Beneficios de las ecotecnologías.....	45
Figura 13. Características del desarrollo tecnológico convencional (mitad superior del diagrama) y atributos principales de las tecnologías alternativas.....	46
Figura 14. Tipos de procesos de fitorremediación	49
Figura 15. Esquema de los ODS	50
Figura 16. Ciclo de la investigación acción.....	53
Figura 17. Triángulo de Lewin.....	53
Figura 18. Ubicación la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.....	55
Figura 19. Ubicación de las empresas cercanas del hogar de la socia de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.....	55
Figura 20. Diagrama de flujo de los talleres y sus actividades	57
Figura 21. Diagrama de flujo de la selección del diseño del FITOECOFIL	65
Figura 22. Pre-diseño del FITOECOFIL	66

Figura 23. Diagrama de implementación, construcción y entrega del tren de tratamiento FITOECOFIL	67
Figura 24. Conocimiento del agua gris	70
Figura 25. Conocimiento de la reutilización del agua gris.....	71
Figura 26. Conocimiento de los tratamientos del agua gris	71
Figura 27. Conexión a la red de agua potable y alcantarillado	72
Figura 28. Consumo de agua.....	73
Figura 29. Pago por un sistema de tratamiento.....	74
Figura 30. Mapa de la comunidad (fuentes de agua de la localidad de San Lorenzo Almecatla). A participantes dibujando y B mapa final.	77
Figura 31. Ubicación de las casas de los miembros de la Sociedad Cooperativa. A proceso de elaboración y B mapa final.	77
Figura 32. Ciclo del agua.....	78
Figura 33. Elaboración de un filtro de arena. A corte de botellas de plástico y B llenado de las capas.	82
Figura 34. Formas de interacción del querer y el poder de las personas.	83
Figura 35. Diseños de las personas de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de un tren de tratamiento. A participante 1, B participante 2, C participante 3, D participante 4, E participante 5, F participante 6.....	86
Figura 36. Área para la instalación del tren de tratamiento FITOECOFIL.....	89
Figura 37. Trampa de grasa corte X-X con medidas	91
Figura 38. Trampa de grasa construcción	91
Figura 39. Trampa de grasa (3 cámaras).....	92
Figura 40. Detalles del FITOECOFIL	93
Figura 41. Armado del FITOECOFIL con la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”. A capa de sustrato cacahuatillo, B capa de sustrato grava, C capa de tezontle y D plantas.....	93
Figura 42. Tanque de almacenamiento del FITOECOFIL	94

Figura 43. Vegetación FITOECOFIL.....	95
Figura 44. Tren de tratamiento FITOECOFIL	96
Figura 45. Infografía sobre el consumo del agua.....	107
Figura 46. Tecnologías Sustentables	107
Figura 47. Infografía sobre tecnologías para el uso sustentable del agua	108
Figura 48. ¿Cómo reciclar el agua?	108
Figura 49. Contaminación del agua	109
Figura 50. Elaboración de un filtro de arena.....	109
Figura 51. Invitación al taller para elaboración de un biofiltro	109

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se enfocó en la reutilización de las aguas grises, esta técnica de limpieza permite la reducción significativa en el uso del agua al interior de los hogares. En Puebla, específicamente en San Lorenzo Almecatla, el Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Cuautlancingo (SOSAPAC) fomenta el reúso y la implementación de un sistema de reutilización de agua para incrementar la disponibilidad del agua.

Sin embargo, el primer paso para lograr el reúso del agua en los hogares es la generación de conciencia ambiental; para poder desarrollarla hace falta el trabajo en campo el cual incluya educación ambiental, comunicación entre los técnicos y el grupo de interés y los saberes.

El objetivo principal de la investigación es la generación de conciencia y educación ambiental de las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla, al construir un tren de tratamiento (FITOECOFIL) para sanear las aguas grises domésticas.

La tesis abarca seis capítulos. En el capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema, la situación problemática, la definición del problema, la formulación del problema, el objetivo general y los específicos y la delimitación de la investigación. En el capítulo II, se presenta los antecedentes y el marco contextual, en el capítulo III se encuentra el marco teórico-conceptual. En el capítulo IV se desarrolla la metodología, se explicita el diseño de la investigación, la muestra, los instrumentos utilizados y las dos etapas de la investigación, se desarrolla los cálculos necesarios para el diseño del sistema de reutilización de aguas grises. En el capítulo V, se presentan los resultados y discusión de la información generada por esta investigación y en el capítulo VI están las conclusiones.

1.1 Situación problemática

El agua es un recurso indispensable para la sobrevivencia de los ecosistemas y de los seres vivos. La creciente explotación de los recursos hídricos en todo el mundo ha provocado una degradación significativa de los ecosistemas y de los bienes y servicios derivados.

En los últimos años la demanda de agua potable se ha incrementado, esto se debe al crecimiento acelerado de la población, en este sentido la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha establecido el derecho humano al agua y al saneamiento, el cual se encuentra en los objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, lo relevante de los objetivos de desarrollo sostenible es “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (Moran, 2020).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), los servicios de saneamiento inexistentes, o que tienen una mala gestión exponen a la población a enfermedades (World, 2022), en conjunto con los problemas de operación de equipo técnico, hacen que el deterioro de los servicios sea por mala disponibilidad, gestión y saneamiento.

El Foro Económico Mundial (2020) incluye la crisis hídrica como un riesgo global, ya que tiene una estrecha relación con la producción de alimentos, la salud humana, los conflictos sociales y los ecosistemas (Pedrozo, 2022).

Por estas razones se requieren espacios donde se hable de la realidad actual y maneras de proteger el recurso hídrico, de tal forma que los riesgos puedan ser reducidos para conservar los ecosistemas, los bienes y servicios; a través de la reflexión sobre el cuidado del recurso hídrico.

Es importante tomar acciones que permitan desarrollar una conciencia ambiental, a través de la educación ambiental, la cual se debe considerar desde una perspectiva holística, tomando en consideración el entorno social, cultural y ambiental.

1.2 Descripción del problema de investigación

De acuerdo con el estudio de Zamora (2014), el modelo de gestión de los servicios en la Ciudad de Puebla es complejo en términos sociales, económicos y ambientales, ya que involucra diferentes factores como el incremento poblacional, actividades económicas (la industria abastecida¹, agricultura, ganadería, energía, etc.), consumo humano y actividades al interior de los hogares (Zamora, 2014).

El crecimiento urbano-industrial, el aumento en la demanda de agua y los problemas de operación del recurso hídrico, provocan dificultades con el abastecimiento y saneamiento al interior del estado de Puebla.

Debido al crecimiento urbano-industrial, la cobertura de agua es insuficiente, a nivel mundial la UNICEF menciona que 2, 200 millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable (ONU, 2019).

Un caso a nivel nacional es la crisis hídrica que sufre Monterrey, claro ejemplo de cómo el crecimiento urbano-industrial afecta la calidad y cantidad del servicio de agua potable, saneamiento y alcantarillado, provocando que la población sufra escasez, esto por la sobreexplotación del recurso hídrico (News, 2022).

El municipio de Cuautlancingo no es ajeno al fenómeno de industrialización, como parte de las políticas del gobierno. Las industrias en el municipio con un alto índice de requerimientos de agua para sus procesos productivos en el 2020 son: dos parques industriales y un microparque. Destacando el Parque Industrial FINSA (35 empresas), Bralemex Industrial Park y Grupo Alas (Cuautlancingo, 2020).

Considerando que la demanda de agua potable ha incrementado y generado un deterioro de los servicios en los municipios del estado de Puebla; el Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Cuautlancingo (SOSAPAC) propone fomentar el uso adecuado del agua al interior de los hogares y

¹ La industria abastecida es aquella que toman el agua directamente de los ríos, arroyos, lagos y acuíferos del país (Agua, 2018)

el reúso, a través de la implementación de un sistema de reutilización de agua para incrementar la disponibilidad del agua (Periódico Oficial, 2020).

Debido a la escasez de agua es necesario buscar soluciones que apoyen al tratamiento del agua residual; un campo de oportunidad es la reutilización el agua gris doméstica, esto se debe a que el 65% de las aguas grises domésticas (lavado de ropa, trastes, pisos, lavaba manos, fregaderos) generadas al interior de los hogares representa un consumo significativo (López et al., 2012), y es necesario darles un segundo uso.

Algunos programas de educación ambiental que abordan temas de concientización ambiental ciudadana en el estado de Puebla son: el Servicio de Atención Ciudadana en educación ambiental el cual busca:

“Desarrollar valores, conocimientos y habilidades, basadas en el respeto a todas las formas de vida y en la equidad social, que ayuden a involucrar a la ciudadanía en la construcción de la sustentabilidad con equilibrio ecológico y mejor calidad de vida para todos, a través de talleres, pláticas, jornadas de limpieza o reforestación, ferias y asesoría de proyectos” (Gobierno del estado de Puebla, 2022, p. 1).

Por otra parte, la Secretaría de Educación busca promover la educación sostenible para el medio ambiente en los municipios, la difusión del respeto y valor de la riqueza natural, promoviendo conocimientos, competencias y actitudes para el cuidado del medio ambiente y una sociedad más justa, esto forma parte del programa Movimiento 22-32, Acciones por la Vida Sostenible (Andrea, 2019).

La educación ambiental impartida en distintos sectores de la sociedad permite un cambio de conocimientos en los ciudadanos y en su relación con el medio ambiente, lo cual generará una nueva conciencia para la protección ambiental.

1.3 Planteamiento del problema de investigación

El desabasto, la falta de saneamiento, la mala calidad y la poca cantidad de agua son problemas actuales en el municipio de Cuautlancingo, estos problemas se deben al

crecimiento urbano-industrial. Por la preocupación de la sociedad es necesario contar con estrategias que permitan generar conciencia y educación ambiental en los ciudadanos.

Este proyecto busca generar conocimientos sobre el cuidado del agua, a través de pláticas y talleres sobre conciencia y educación ambiental, los cuales permitirán que las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” ubicada en la localidad de San Lorenzo Almecatla, Cuautlancingo, Puebla, sean capaces de construir y mantener un tren de tratamiento para el aprovechamiento de las aguas grises domésticas al interior de las viviendas.

Se abordarán temas como el uso adecuado del agua potable y el reusó del agua gris doméstica, permitiendo su reutilización en actividades que no requieran agua potable (sanitario, el lavado de pisos, el riego de árboles frutales, etc.), minimizando el desperdicio de agua y la contaminación generada, aportando un impacto positivo para incrementar la disponibilidad del recurso hídrico.

La implementación del tren de tratamiento debe considerar bajos costos de operación y cumplir las necesidades de la familia. Debe ser un sistema automático, haciendo que su mantenimiento sea sencillo, los repuestos deben ser económicos, con la principal finalidad de que sea un producto de fácil manejo y accesible para las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” ubicada en la localidad de San Lorenzo Almecatla, Cuautlancingo, Puebla.

1.4 Formulación del problema

Actualmente en la ciudad de Puebla no hay empresas públicas o privadas dedicadas al tratamiento de las aguas grises domésticas, por lo que se necesita buscar la concientización y educación ambiental de las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla para el tratamiento y la reutilización del agua gris doméstica.

1.4.1 Formulación de la pregunta de investigación general

- ¿Cómo la conciencia y educación ambiental generarán un saneamiento participativo de las aguas grises domésticas con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla a través de la implementación de un tren de tratamiento (FITOECOFIL)?

1.4.2 Formulación de preguntas específicas

- ¿La implementación de un tren de tratamiento (FITOECOFIL) ayudará a promover la conciencia ambiental en los hogares de las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla?
- ¿Los talleres participativos permitirán generar mecanismos de conciencia y educación ambiental sobre la reutilización del agua gris doméstica tratada por las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla?

1.5 Justificación

Esta investigación se basa en una propuesta de apropiación del conocimiento, a través, de integrar aspectos científico-técnicos y saberes que provienen de las familias que conforman la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”. Esto es fundamental para que las familias tomen conciencia de la importancia de reutilizar el agua, y con ello se puedan generar espacios que permitan el reconocimiento y las formas de protección del recurso hídrico.

La crisis hídrica es compleja en términos sociales, económicos y ambientales, de manera que requiere de respuestas y soluciones, por ello Freire (1982) señala, que se necesita una “inmersión de la conciencia”, la cual conduzca a la “educación para la liberación” (Pasek de Pinto,2004).

La interrelación entre los aspectos sociales, educación ambiental y el aspecto técnico permite lograr un desarrollo sustentable en la comunidad.

Por estas razones se necesita una educación ambiental, considerando aspectos como: 1) el conocimiento de la realidad ambiental y la identificación de sus problemas, 2) el desarrollo de una sensibilidad ambiental y 3) la búsqueda de soluciones (Pasek de Pinto, 2004).

Es fundamental fomentar la necesidad de la conciencia ciudadana, a través del desarrollo de valores individuales, culturales y ecológicos. Incorporando la ejecución de proyectos mediante el desarrollo de actividades. De acuerdo con Grana:

La conciencia es el sostén y el apoyo para responsabilizar a la sociedad en términos de decisiones, las cuales permitan asumir sus responsabilidades y del mismo modo puedan defender sus derechos a través de instituciones civiles, gubernamentales y sociales, las cuales permitan la preservación de un ambiente sano (Rodríguez, 2013, p. 236).

El tema ambiental no sólo es el conocimiento de los ecosistemas, su funcionamiento, su conservación o las causas que provocan su contaminación; este involucra relaciones complejas entre los seres humanos y su entorno. Involucrando procesos sociales, interacciones humanas y procesos culturales (Rodríguez, 2013).

De acuerdo con Gregory J. y Miller S. (1998), la Apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (ASCTI) es un proceso de comprensión e intervención, en el cual existe una relación entre ciencia-tecnología-sociedad, a través de la participación de los grupos sociales, como se muestra en la Figura 1 (Frómeta y Macuil, 2021, p. 19). Para llevar a cabo esto es necesario buscar el acercamiento con los actores para poder generar un diseño de tratamiento de agua gris, el cual sea implementado y permita recuperar, tratar, reutilizar y almacenar el agua tratada.

Para llevar a cabo esta propuesta nos basaremos en las características de la Apropiación Social de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (ASCTI) (Cuartas, et al., 2010), las cuales consisten en:

- 1) Es organizado e intencionado.
- 2) Constituido por una red en la que participan grupos sociales (personas que trabajan en ciencia-tecnología y ciudadanos).
- 3) Establecer contacto entre los actores.
- 4) Posibilita el empoderamiento de la sociedad civil a partir del conocimiento.
- 5) Implica trabajo colaborativo y acuerdos de los contextos e intereses de los involucrados

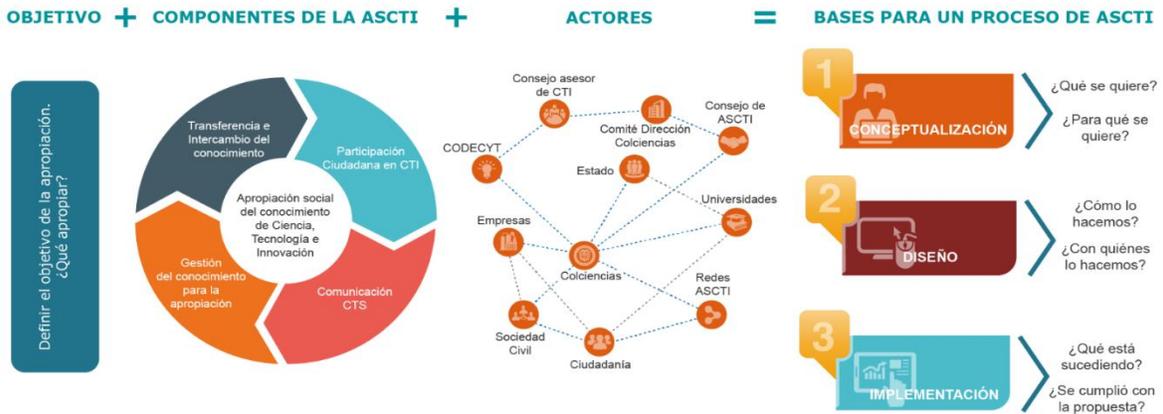


Figura 1. Esquema general de un modelo de apropiación social de la ciencia, tecnología e innovación.

De acuerdo con la implementación al interior de los hogares de un sistema que permita recuperar, tratar, reutilizar y almacenar el agua tratada, se podría ahorrar una cantidad considerable de litros de agua por familia con un tren de tratamiento de aguas grises, donde su principal función sería la limpieza del agua proveniente del lavado de ropa, trastes, lavamanos haciendo que esta se pueda reutilizar en otras actividades que no requieran agua potable como: el jardín, el inodoro, lavado de autos, riego de árboles, permitiendo aprovechar de manera eficiente el uso del agua.

Es esencial distinguir la importancia de la educación ambiental, ya que es crucial para crear una conciencia del cuidado del medio ambiente en la sociedad, hacer que

los cuídanos participen en temas como el cuidado del recurso hídrico mediante talleres participativos con temas relevantes al cuidado del agua pueden ayudar a la protección y la preservación del recurso. El agua potable es un recurso vital para todos, pero la falta de educación ambiental en las personas tiene como consecuencia el desperdicio del recurso por descuido o poca información para poder reutilizarla.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- Identificar la generación de conciencia y educación ambiental de las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla, al construir un tren de tratamiento (FITOECOFIL) para sanear las aguas grises domésticas.

1.6.2 Objetivos específicos

- Analizar si los talleres participativos sobre la concientización del cuidado del agua impartidos a las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla generan mecanismos de participación sobre la reutilización de agua gris doméstica.
- Establecer un tren de tratamiento (FITOECOFIL) para el saneamiento del agua gris doméstica y su uso en sistema de riego de árboles frutales, así como para el sanitario por parte de las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla.

1.7 Delimitación de la investigación

El presente proyecto, se ha dirigido a dar capacitaciones sobre la reutilización de agua gris doméstica, a través de pláticas, talleres y actividades. Dichas capacitaciones se enfocarán en el cuidado del recurso hídrico, las tecnologías amigables y cómo estas ayudarán al tratamiento y la reutilización del agua gris doméstica, permitiendo posteriormente evaluar, desarrollar y construir un tren de tratamiento para el

aprovechamiento de las aguas grises domésticas al interior de las viviendas de las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla.

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se hará una revisión de la literatura, de los conceptos generales, los antecedentes de las investigaciones relacionadas con el proyecto de investigación, con la finalidad de tener un referente para el desarrollo de la investigación. En el primer apartado se describirá el contexto de la zona de estudio. Segundo, se tendrá la revisión de los conceptos y las teorías relacionadas con el tema de investigación.

2.1 Marco contextual

Esta investigación se llevó a cabo con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” en la localidad de San Lorenzo Almecatla, Cuautlancingo, Pue. La localidad (Figura 2), es considerada zona periurbana.

El municipio de Cuautlancingo se localiza en el centro oeste del estado de Puebla, sus coordenadas geográficas se encuentran entre los paralelos 19° 05’ y 19° 10’ de latitud norte; los meridianos 98° 14’ y 98° 18’ de longitud oeste; altitud entre 2,140 y 2, 220 msnm. Limita al norte con el municipio de Coronango y al este con el estado de Tlaxcala y el municipio de Puebla, al sur con los municipios de Puebla y San Pedro Cholula (Geoestadística, 2009).



Figura 2. Ubicación de San Lorenzo Almecatla

Fuente:<https://www.google.com/maps/place/San+Lorenzo+Almecatla,+Pue./@19.140525,-98.2637087,13.19z/data=!4m5!3m4!1s0x85cfc4623f155825:0x9de2cbbf2a6e3c2e!8m2!3d19.143042!4d-98.2349701>

2.2 Antecedentes de la investigación

A continuación, se citan trabajos relacionados con el tema de investigación. En primer lugar, se encuentran las investigaciones referidas a la conciencia ambiental y posteriormente se citan investigaciones a nivel internacional, nacional y regional a la reutilización de agua.

2.2.1 Antecedentes de capacitaciones ambientales

De acuerdo con el director general de la Conagua (2022), el crecimiento urbano-industrial genera problemas con la infraestructura hídrica y el saneamiento de los acuíferos superficiales y subterráneos de la zona metropolitana de Puebla (Agua, 2022).

Por su parte, el gobernador Moreno Valle en conjunto con INEGI, priorizan proyectos de abastecimiento y reutilización del agua, debido a que Puebla ocupa el primer lugar de crecimiento en el país con un 7.4% anual, haciendo que se requiera la planeación eficiente de tratamiento y reutilización del agua (Agua, 2022).

A partir de esto, se hace evidente que no sólo nos debemos enfocar en los tratamientos y reutilización del agua, sino que es necesario crear estrategias que permitan desarrollar una conciencia ambiental en los ciudadanos.

Si bien existen investigaciones que guardan relación con la conciencia ambiental, muchas de ellas están enfocadas en los estudiantes en los diferentes niveles de educación y, son muy pocas las que se encuentran dirigidas a la población adulta; otras de las investigaciones encontradas se enfocan en: la concienciación, y educación ambiental basado en el desarrollo de códigos de buenas prácticas, en el diseño de una actividad recreativa y existen muchas otras que mencionan la falta de concientización y educación ambiental en los ciudadanos pero no abordan el tema. Pero sólo serán mencionadas aquellas que tengan una relación con el objetivo de la presente investigación.

En la investigación de Castillo (2013), el objetivo principal fue la caracterización y el análisis de las prácticas de uso, almacenamiento, cuidado y contaminación del agua en la población adulta de la localidad de Naolinco, Veracruz. Demostró que el trabajo de campo fue favorable en el desarrollo de la conciencia ambiental en los estudiantes del nivel secundaria, debido a que incluye actividades que dan información cognitiva, lúdica y ecológica sobre el medio ambiente.

Por su parte, Chaparro (2020), en su investigación menciona que es importante desarrollar una conciencia ambiental en los estudiantes, mediante el diseño e implementación de secuencias didácticas. Destacando que para mejorar la conciencia ambiental es necesario comprender el proceso de construcción de la conciencia ambiental, mediante el proceso de aprendizaje. Del mismo modo recomienda que son necesarias las estrategias didácticas que permitan crear estímulos.

Por otro lado, Martínez y Fiana (2015), en el cual se enfocaron en el trabajo en campo con estudiantes del nivel secundario del distrito de El Mantaro – Jauja, los objetivos de esta investigación fueron: una propuesta y el desarrollo de la conciencia ambiental, a través de cuestionarios y de su análisis; también favorecieron los programas, talleres, módulos y actividades que impartieron, haciendo que influyeran en el mejoramiento del nivel de conciencia ambiental de los estudiantes.

Estas investigaciones buscan generar conciencia ambiental en estudiantes a través de diferentes estrategias, si bien el objetivo está centrado en el análisis del trabajo en campo es importante mencionar que ninguna de ellas se encuentra dirigida a la reutilización de agua gris doméstica.

Por esta razón es necesario citar investigaciones con relación a la reutilización del agua a nivel global, nacional y regional.

2.2.2 Casos de reutilización de agua a nivel mundial.

Es necesario mencionar que las investigaciones encontradas respecto a la reutilización de agua con biofiltros se han desarrollado e instalado alrededor de tres

décadas, pero en la investigación sobre la tecnología de biofiltros hasta el momento no se tienen estandarizadas características como: el desempeño (a largo plazo) de los biofiltros y la inexperiencia práctica para la instalación de esta tecnología (Beryani et al., 2021).

El aumento de la urbanización tiene como consecuencia una mayor cantidad de áreas superficiales impermeables, dando como resultado mayores volúmenes de escorrentías de agua pluvial, las cuales acumulan sedimentos con contaminantes como metales pesados, nutrientes, contaminantes orgánicos, sal, patógenos, etc. Es por esto, en Suecia se han desarrollado medidas para controlar in situ la contaminación (Beryani et al., 2021).

La implementación del primer biofiltro en Suecia fue en el 2012, el cual se instaló para el tratamiento de aguas pluviales, dicho biofiltro carecía de pautas de diseños nacionales o regionales para biofiltros. Por lo tanto, el biofiltro se diseñó de manera exclusiva para condiciones específicas (Beryani et al., 2021).

En Suecia la implementación de biofiltros ha aumentado considerablemente, en la actualidad, cuentan con veintiséis biofiltros municipales de aguas pluviales, los cuales se encuentran ubicados en nueve municipios suecos como se muestran en las Figuras 3 y 4, estos consideran drenaje de los techos, caminos, aceras y estacionamientos.

Sin embargo, algunos de los problemas para la reutilización de agua y la implementación de biofiltros son: 1) el diseño, está limitado por las circunstancias del sitio (pendiente, los suelos, el tamaño), 2) los costos y 3) la aceptación de la comunidad. Estos son aspectos a considerar para el proceso y selección del diseño de un biofiltro (Beryani et al., 2021).



Figura 3. Biofiltro municipal de agua pluvial en Suecia (Sitio 1)



Figura 4. Biofiltro municipal de agua pluvial en Suecia (sitio 3)

Suecia no es el único país que intenta reutilizar agua para disminuir las consecuencias de la escasez, la disponibilidad y la gestión del recurso hídrico. De acuerdo con el Informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2007), la escasez de agua estaría afectando alrededor de 1, 800 millones de personas que viven en países con estrés hídrico, el

cual podría estar presente en dos tercios de la población mundial. Por lo tanto, es necesario recuperar agua residual y encontrar alternativas para uso humano (Saravanan et al., 2021).

La remediación² de aguas residuales podría ser una solución adecuada para la reutilización de estas aguas, dentro de las cuales se consideran: municipales, textiles, vertederos, desechos de digestores, industria química, aguas grises, petróleo, productos farmacéuticos, gasificación del carbón, etc. Otros países que reutilizan el agua residual son:

- En el 2001 Sudáfrica integró el tratamiento y la reutilización de sus aguas residuales, las cuales provienen principalmente de plantas que se dedican a la papelería y las refinerías, esta agua reutilizada la ocupan en zonas donde tienen problemas de escasez, utilizando tecnologías que ayudan a tratar el agua residual (Banco Mundial, 2021).
- En los últimos años en Estocolmo se han generado proyectos que buscan reducir el consumo de agua en un 60% por persona, el diseño del ecodistrito sostenible Hammarby Sjöstad, utiliza el proceso de reutilización de las aguas residuales para la producción de biogás, ayudando a la disminución de plantas eléctricas y con esto la disminución en el consumo del agua para las plantas eléctricas (Banco Mundial, 2021).

Los tratamientos de aguas residuales en la actualidad han avanzado para convertir el agua residual en una solución para la disponibilidad y la gestión del agua, si bien se ha llevado a cabo una amplia investigación sobre el desarrollo del diseño de biofiltros a escala, ninguno de ellos está enfocado en el tratamiento de agua gris a nivel de las viviendas. Si bien existen algunas investigaciones sobre la reutilización de agua gris doméstica a nivel mundial, estas son muy pocas (López et al., 2012).

² El proceso de tratar el agua contaminada y convertirla en productos inocuos se conoce como remediación del agua (Saravanan et al., 2021).

En España, en pequeñas viviendas independientes se suelen utilizar tratamientos primarios (fosas sépticas) y los tanques Imhoff ³, pero para mejorar los procesos se utilizan tratamientos secundarios, los cuales consisten en procesos de depuración que ocurren de forma natural, por ejemplo, humedales artificiales, filtros de arena o biofiltros los cuales se utilizan para tratar aguas residuales urbanas (López et al., 2012).

Si bien la reutilización de agua gris doméstica ayuda a la reducción de contaminantes, este tipo de proceso, ocupa más superficie de suelo que los procesos intensivos (aireación prolongada, biodiscos, etc.), esto se debe a la complejidad inherente de las aguas residuales urbanas con un origen muy heterogéneo (López et al., 2012).

El objetivo de la recuperación de aguas grises en España es la reutilización y la reducción de los sólidos en suspensión, la carga orgánica y los microorganismos, mediante estrategias de reciclaje de aguas grises, que aporten agua tratada a los inodoros, con esto es posible disminuir un 30 %. Ahorrando 11 000 L/hab./año; unos 30 m³/año en una vivienda (López et al., 2012).

En la Figura 5 se presenta uno de los prototipos de interés para el tratamiento de aguas grises en viviendas unifamiliares en España.

³ Los tanques Imhoff se emplean como tratamiento primario de las aguas residuales, reduciendo su contenido en sólidos en suspensión, tanto flotantes como sedimentables (Salas, 2020).



Figura 5. Módulos piloto de humedales de flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales en España

Se han realizado investigaciones sobre diseños de biofiltros, pero sólo de instalaciones experimentales, haciendo que existan pocos avances sobre los requerimientos de mantenimiento, costos, un diseño estandarizado, materiales, y sobre las instalaciones de biofiltros (Beryani et al., 2021).

Como referente se tiene el trabajo de tesis de licenciatura realizado por Díaz y Ramírez (2016, p.1-98), en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Ingeniería de Producción, Bogotá D.C., titulado “Diseño de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de la lavadora aplicado a los hogares de Bogotá D.C.”. El proyecto consiste en el diseño de un sistema de tratamiento de aguas enfocado en el aprovechamiento y la reutilización del agua de la lavadora, evitando el desperdicio del agua y generando una disminución de costos.

En este estudio se lleva a cabo el desarrollo del sistema de reutilización de agua, basado en el número de lavados por semana, la disposición de espacio en el hogar, y la conciencia de las personas por utilizar eficientemente el recurso hídrico. El sistema consta de dos tanques de almacenamiento, el primer tanque recoge el agua arrojada por la lavadora, este tanque cuenta con dos dosificadores, uno de floculante y otro de coagulante, en el segundo tanque cuenta con un aspersor para facilitar el lavado, también tiene un flotador, un oxigenador y un dosificador para adicionar el desinfectante cuando sea necesario.

Entre los resultados obtenidos se destaca que las mujeres son las que cuentan con los conocimientos sobre el uso de los recursos del hogar, haciendo que los resultados sean del agrado de las personas, más que nada por el problema con las sequías las cuales afectaron la calidad de vida de los colombianos.

Otras investigaciones como la de Aparicio y Benavides (2019) en su trabajo de tesis titulado “Diseño de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas pluviales para un proyecto urbanístico de 12 hectáreas ubicado en el distrito de Pimentel-Chiclayo-Lambayeque” de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil de Lima – Perú, tuvo como objetivo demostrar la reducción del gasto indiscriminado de agua potable en las viviendas de toda una urbanización.

Se consideraron los volúmenes de agua gris obtenidos de actividades domésticas, y de aguas pluviales, esto con la finalidad de identificar los usos potenciales del agua reciclada en el riego de áreas verdes, lavado de pisos y descarga del inodoro. Una vez que se demostrara técnicamente la reducción de las aguas grises domésticas, se buscaron actividades donde no requiere tal calidad de agua.

El resultado de la investigación de Aparicio y Benavides (2019), fue de reducción de 39 % del gasto de agua potable con el tratamiento y la reutilización de las aguas grises.

2.2.3 Casos de reutilización de agua a nivel nacional

En el caso nacional las investigaciones encontradas sobre el tratamiento y la reutilización de agua gris son escasas, pero existen instalaciones experimentales a nivel laboratorio y de forma *in situ*, para el tratamiento del agua gris doméstica en los cuales se desarrollan diseños específicos de humedales artificiales, filtros de arena y biofiltros, estos son utilizados para el tratamiento y la reutilización del agua gris doméstica.

En México como en muchos otros países se busca el desarrollo de proyectos que permitan el cuidado del medio ambiente, iniciativas para el cuidado del agua y para su tratamiento, algunos trabajos, proyectos y propuestas que se han enfocado son:

- En el año 2012, la Escuela del Agua junto con el Instituto Carlos Slim de la Salud publicó el manual “Las aguas jabonosas. Manual de buenas prácticas”, en el cual se habla sobre un sistema de tratamiento casero para las aguas jabonosas.
- La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) publicó un manual sobre “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos”, en el cual se encuentran tecnologías para el tratamiento de aguas grises como: lagunas de estabilización, humedales artificiales y biofiltros como se muestran en la Figuras 6 y 7.
- Una de las instituciones que trabaja con biofiltros es la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), incide en el manejo de residuos, a través del saneamiento con arraste hidráulico, el cual consiste en una trampa de grasas y un filtro anaeróbico donde los microorganismos junto con plantas acuáticas degradan los contaminantes orgánicos como se muestra en la Figura 8.
- El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) desarrolló un dispositivo para el tratamiento del agua gris “Lavadero ecológico” como se muestra en la Figura 8, este dispositivo está formado por 5 cámaras (una trampa de grasas, dos lechos fijos para la remoción de materia orgánica, y dos humedales con plantas acuáticas de flujo ascendente-descendente para la remoción de los nutrientes).

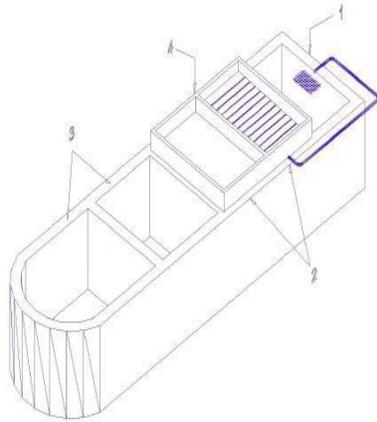


Figura 6. Humedal artificial



Figura 7. Humedal artificial familiar

Lavadero ecológico



1. Trampa de grasas; 2. Filtro anaerobio; 3. Humedal; 4. Lavadero.

Figura 8. Lavadero ecológico



Figura 9. Biofiltro

El estudio realizado por Cortez (2018), del Colegio de Postgraduados, se enfocó en una propuesta metodológica para la construcción de humedales artificiales, con la finalidad de comparar la eficiencia de depuración a partir de ventajas técnicas,

económicas y operativas de los humedales artificiales y de las plantas de tratamiento convencional.

Se realizaron pruebas para determinar la eficiencia de los humedales, con respecto a la remoción de contaminantes como: amonio, nitratos, nitritos y nitrógeno total. Los resultados mostraron que se puede eliminar el nitrógeno total, esto se debe a las condiciones aerobias y anaerobias del sistema.

A pesar de que existe información, y proyectos sobre el tratamiento de aguas grises disponible en México, esta sigue siendo muy escasa (no existe una definición precisa de “biofiltro”). Y tampoco se tiene una normativa sobre “biofiltro”.

2.2.4 Casos de reutilización de agua a nivel regional

En el contexto regional, el estudio realizado por Cárdenas (2016), en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, titulado “Evaluación de la remoción de contaminantes emergentes de aguas superficiales utilizando humedales de tratamiento”. Tuvo como objetivo evaluar técnicas alternativas, viables y sustentables para la depuración de aguas residuales urbanas, a través del establecimiento de sistemas de depuración como los humedales artificiales.

Para poder realizar la investigación se utilizó un diseño experimental, esto con la finalidad de poder evaluar el efecto que tienen las variables sobre la eficiencia del humedal artificial. La regulación de parámetros a través del humedal artificial que se evaluaron fueron: pH, conductividad eléctrica (CE), potencial redox (Eh), oxígeno disuelto (OD), turbidez (TUR), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y temperatura (T), y la remoción de microcontaminantes orgánicos.

Se realizaron muestreos en diferentes temporadas del año, esto para poder observar la eficiencia del diseño experimental, concluyendo que los humedales construidos son sistemas que tienen la capacidad de remover un alto porcentaje de carga orgánica, con los resultados obtenidos se puede destacar que son alternativas de depuración viables para comunidades con menos de 2, 000 habitantes.

Una de las instituciones que ha mostrado interés en la reutilización de las aguas residuales, es la Universidad Iberoamericana Puebla, la cual ha diseñado un sistema de tratamiento de aguas negras. Este diseño se basa en una planta cuyo funcionamiento es bajo el principio de aireación interrumpida.

Cabral (2022), menciona que el proyecto para el tratamiento del agua al interior del Campus, contribuye a la construcción de una sociedad sustentable, a través de la educación. Este proyecto tiene la capacidad de procesar 24 mil litros de agua al día, haciendo que no necesiten agua de pozo, otro beneficio del tratamiento del agua es que le dan un segundo uso a través del riego (Zambrano, 2022).

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

3.1 El concepto del medio ambiente

De acuerdo la Real Academia Española citada por Tello (2015), el medio ambiente es “Un conjunto de circunstancias o condiciones exteriores a un ser vivo que influyen en su desarrollo y en sus actividades”, no sólo comprende a la naturaleza, sino que también están involucrados los factores socioeconómicos y culturales (Tello, 2015).

De acuerdo con la teoría de sistemas en un ambiente influyen diferentes factores externos: 1) el ambiente físico (geografía, geología, clima y contaminación), 2) el ambiente biológico (hombre, flora y fauna) y 3) el ambiente socioeconómico (trabajo, entorno urbano, y desarrollo económico) (Tello, 2015).

Anteriormente se consideraban al ambiente y a la sociedad por separado, pero en la actualidad casi todos los proyectos van enfocados a la relación que existe entre el medio ambiente y la sociedad, esto porque se basan en el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).

3.2 Educación ambiental

El término de educación ambiental surge en el año 1972, durante la Conferencia Internacional sobre el Medio Ambiente, en Estocolmo. Para lograr una educación ambiental es necesario adquirir conocimientos, actitudes y valores, los cuales permitan mejorar la calidad de vida para las generaciones actuales y las futuras (Sierra et al., 2016).

Se necesita considerar una nueva visión la cual pueda sustituir y revisar las relaciones que existen entre el hombre y su entorno; a esta nueva visión se le denomina ambientalista la cual se asocia con dos grandes bases: 1) el plano ético y 2) el plano científico. El proceso enseñanza-aprendizaje se asocia con la educación ambiental ya que permite comprender la realidad y el medio ambiente; generando cambios tanto conceptuales como metodológicos (Pasek de Pinto, 2004).

Es importante tener en cuenta a la educación ambiental como una herramienta, la cual permita crear conciencia en las personas de la conservación de su entorno y pueden ser capaces de realizar cambios significativos en sus conductas y estilos de vida, del mismo modo es importante que puedan incrementar sus conocimientos para generen acciones que mitiguen los problemas ambientales existentes (Sierra et al., 2016).

De acuerdo con Sierra et al., (2016), es importante considerar a la educación ambiental desde dos corrientes: 1) la corriente resolutiva: en la cual se agrupan propuestas para la solución de los problemas ambientales y 2) la corriente práctica: la cual hace énfasis en la acción para mejorar los problemas ambientales.

Por otra parte, Pasek de Pinto (2004), hace mención de los objetivos de la educación ambiental, los cuales están centrados en la toma de conciencia, los conocimientos, las actitudes, aptitudes y hábitos, capacidad de evaluación y participación. Los cuales forman ciudadanos comprometidos, con ética ambiental y capaces de comprender su relación con el ambiente.

Todo lo anterior invita a reflexionar las acciones y proyectos, cuyo objetivo principal debe estar enfocado a generar un cambio en la relación de las personas con su medio ambiente, a través de dinámicas participativas, las cuales incluyan a los diferentes actores para transformar la situación actual (Pasek de Pinto, 2004).

La educación ambiental debe ser un proceso dinámico y participativo, haciendo que la población genere una conciencia sobre la problemática ambiental a escala mundial, nacional y local.

3.3 Conciencia ambiental

La conciencia ambiental busca identificar las relaciones que se dan entre el entorno y el ser humano, logrando que el concepto sea multidimensional, en el cual se busca garantizar el sostenimiento y calidad de vida de las generaciones actuales y futuras. Se necesita desarrollar una conciencia ciudadana la cual permita comprender y

actuar ante los problemas ambientales, es necesario el fomento de una cultura que permita el respeto por toda la vida y los recursos en el planeta (Lawrence, 2008).

Para Freire, *“la concientización es la mirada más crítica posible de la realidad”*, el proceso de la concientización, en términos amplios, consiste en resolver el conflicto de quienes desean ser sujetos libres y participar en la transformación de la sociedad.

La concientización ambiental surge entre 1997-1999, se ocuparon las ideas de Paulo Freire, logrando elaborar un diagrama (Figura 10), la cual está dirigida a crear una conciencia crítica. De acuerdo con Lawrence (2008), la primera columna corresponde al proceso normal de adquisición de conciencia de una persona, empírico, y en condiciones normales, los cuales conducirían posteriormente a lograr una concientización ambiental. En la segunda columna se encuentran las estrategias diseñadas para intervenir en el proceso para alcanzar y superar la conciencia normal, hasta llegar a una conciencia crítica.

El Programa de Concientización Ambiental (PCA), considera diferentes intervenciones: 1) Intervención orientada: Ésta orienta a la motivación de los actores por el valor del tema ambiental, de forma individual o para la localidad. Ésta intervención influye en el proceso de apreciación de la realidad; 2) Intervención estructurada: Influye en la representación de la realidad ambiental; 3) Intervención de inducción: repercute en la formación de un equipo, cree, transforme y ejecute una organización social en pro el ambiente; 4) Intervención concreta: Afecta en los procesos para concretar acciones orientadas a la solución de problemas reales, los cuales están relacionados con las necesidades de sus habitantes, esperado resolver uno o varios problemas ambientales y 5) Intervención de apoyo: Incide en el rescate de los valores (socio-ambiental), y en la credibilidad de democratización y cogestión ambiental (Lawrence, 2008).

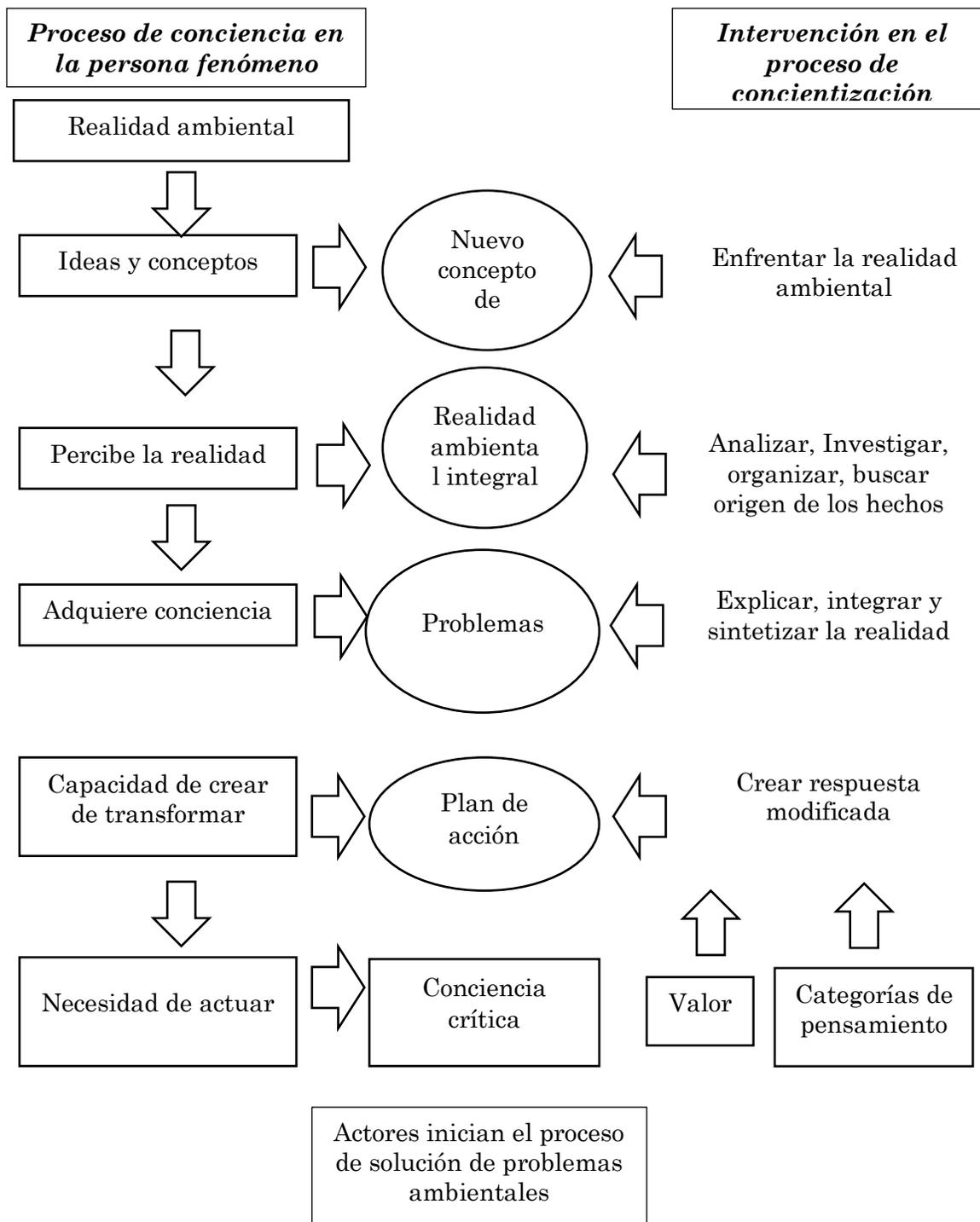


Figura 10. Modelo de concientización ambiental (base teórica)

Este modelo se puede considerar una actividad programada, la cual puede contribuir a reforzar la conciencia ambiental y de gestión de los actores sociales de una localidad. Su objetivo principal es lograr la concientización (Lawrence, 2008).

3.4 Cultura del agua

La nueva cultura del agua en México, según la autora María Perevochtchikova, puede ser interpretada como:

“Proceso continuo de producción, actualización y transformación individual y colectiva de valores, creencias, percepciones, conocimientos, tradiciones, aptitudes actitudes y conductas en relación al agua en la vida cotidiana”

Es importante entender la relación que existe entre el ser humano y el agua, debido a que siempre va a existir una cultura del agua, en la gestión de dicho recurso, existe una complejidad inherente, esto se debe a la relación sociedad-agua, esto porque está ligada a la necesidad de un cambio de paradigma en la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH); este paradigma busca la participación de todos los sectores que se encuentran involucrados. El paradigma dominante en la actualidad se encuentra basado en el valor de producción-económico del recurso hídrico, el principal objetivo es mejorar la comprensión que existe entre la relación de la sociedad-agua.

La GIRH busca una respuesta de carácter político, de gestión y de la sociedad, la integración de la gestión ambiental integrada, la gestión integrada de los riesgos, buscan un enfoque para superar las insuficiencias tecnológicas (Casadevall, 2013).

El cambio de paradigma en la gestión de los recursos hídricos tiene relación con los siguientes puntos:

- ❖ La gestión participativa y la toma de decisiones colectivas
- ❖ Una gestión descentralizada y con mayor flexibilidad
- ❖ Atención a la gestión de la conducta humana mediante la educación, información y la sensibilización

- ❖ La incorporación del aprendizaje interactivo que permita un debate

Es importante resaltar la educación para un desarrollo sustentable, el cual logre la participación proactiva, informada y consiente de los actores.

El movimiento social sobre la cultura del agua surge a inicio de la década de los noventas en España, éste movimiento buscaba la inclusión y la participación responsable en la gestión del agua; así mismo se enfoca principalmente al ámbito cultural, buscaba enfatizar la parte social; entre sus objetivos destacan: reforzar la capacidad de las localidades, así como la cooperación entre los miembros.

Los principios de la Nueva Cultura del Agua hacen referencia a términos de aceptación y adopción para una gestión del agua, para esto buscan establecer: enfoques ecosistémicos, cultura política, democracia participativa, educación y concientización ecológica ciudadana. Estos enfoques se pueden lograr mediante un diálogo entre actores políticos-sociales-académicos; buscando establecer prioridades como el agua para la vida, el agua para las actividades y la satisfacción de los servicios de agua potable y saneamiento, dejando al último el agua para el crecimiento económico.

El proceso principal para la cultura del agua es promover los principios de sustentabilidad sobre todo desde la educación y el conocimiento, en la Exposición Internacional del EXPO Zaragoza, el tema de agua-sociedad se enfoca en fortalecer la educación, la transferencia de conocimientos y el desarrollo de capacidades que permitan generar conocimientos relacionados con el agua y se puedan abordar problemas ambientales por un uso ineficiente de dicho recurso (Casadevall, 2013).

Ante esta premisa es importante contar con la integración y la participación en la gestión del recurso hídrico, para esto es necesario contemplar la gestión participativa, la gestión adaptativa, la gestión sostenible, la gestión comunitaria, y la cogestión (Casadevall, 2013).

✓ **Gestión participativa**

Este tipo de gestión busca la distribución y la priorización de los recursos hídricos, así como la participación pública en una gestión común, se busca fortalecer la participación en función de la toma de decisiones de los actores involucrados.

✓ **Gestión adaptativa**

Esta gestión surge en el año 1970 por la preocupación de la sociedad por afrontar los cambios ambientales que se estaban sufriendo en esa época, prioriza la gestión para mejorar la relación ante los nuevos retos mediante experiencias y conocimientos, el sistema socio-ecológico buscaba hacerles frente a las demandas sin comprometer la capacidad de adaptación futura.

✓ **Gestión sostenible**

Este tipo de gestión surge a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas de 1972 en Estocolmo, en la Cumbre de la Tierra celebrada en Rio de Janeiro en junio de 1992. La gestión sostenible busca responder de manera equitativa a las necesidades de las generaciones presentes y futuras. Los autores Pereira et al., (2002, 176); citado por Casadevall, (2013) se refieren al uso sostenible del agua, de manera que el uso y la suma conlleve a la conservación de los recursos, el respeto del medio ambiente, la adecuación de las tecnologías, la viabilidad económica y la aceptación social (Casadevall, 2013).

✓ **Gestión comunitaria**

Esta gestión se sustenta en la teoría de los bienes comunes de Elinor Ostrom (1990), en la cual los bienes se pueden clasificar en función de la escasez y la exclusividad, de acuerdo con estos parámetros la gestión del agua se vuelve más compleja, ya que es un bien público usado para un uso privado (Casadevall, 2013).

✓ **Cogestión**

Es una gestión a largo plazo, en la que se busca una gestión integrada de los recursos a partir de la gestión participativa, la promoción de la gestión sostenible y la práctica de la cogestión, la cual debe permitir la participación de los actores considerando los aspectos ambientales (Casadevall, 2013).

3.5 El uso del agua

Dependiendo de las actividades en las que se emplea el agua se tiene una disponibilidad de diferentes fuentes, las actividades en las que más se emplea el agua son: aguas domésticas, aguas industriales y aguas para uso agrícola.

El agua dependiendo de la actividad en la que sea empleada debe ser dirigida a un sistema de drenaje que debe conducir a un sistema de tratamiento de agua residual, el cual deberá ser tratada para posteriormente dirigirla a algún cauce o, por aplicación, al suelo.

3.6 Aguas residuales

Las aguas residuales son las que provienen de actividades domésticas, industriales, comerciales y agrícolas, este tipo de agua contiene materia orgánica, metales pesados, contaminantes químicos y otras sustancias que alteran su calidad (SEMARNAT, 2014).

Según la UNESCO (2017), el 80% de las aguas residuales retornan a los ecosistemas sin tratamientos previos, generando contaminación en ríos, lagos y acuíferos, haciendo que tratarlas o reutilizarlas sea un desafío. Las aguas residuales están compuestas aproximadamente en un 99% de agua y en un 1% de sólidos en suspensión, coloidales y disueltos.

3.7 Tipo de aguas residuales

La composición y la clasificación de las aguas residuales no es exacta ya que estas suelen variar dependiendo de las fuentes, debido a que estas pueden presentar

diferentes tipos de componentes, se deben tomar en cuenta las diferentes fuentes y el tiempo, a continuación, algunos tipos de aguas residuales:

- ***Aguas residuales domésticas***

Es el agua proveniente de las viviendas principalmente, están compuestas por los desechos de las actividades realizadas en los hogares.

Las aguas residuales domésticas se clasifican en dos tipos:

- **Aguas negras:** agua procedente de los inodoros y contiene materia fecal.
- **Aguas grises:** agua procedente de los lavabos en general como: cocinas, lavamanos, duchas, aguas con contenido de detergentes, restos de alimentos, materia orgánica y otros contaminantes.

Se diferencian tres tipos de aguas grises:

- **Aguas grises (tipo 1):** aguas de baja carga (ducha y bañera)
- **Aguas grises (tipo 2):** aguas de media carga (ducha, la bañera y lavabo).
- **Aguas grises (tipo 3):** aguas de alta carga (ducha, bañera, lavabo, la lavadora y el fregadero de cocina)

La contaminación de las aguas grises se genera como consecuencia de los productos utilizados, de las instalaciones y el abastecimiento del agua, esto hace que las características sean muy variadas, las aguas grises domésticas contienen partículas de alimentos, aceite, grasa, fibras de telas, cabello, agentes patógenos, jabones, detergentes, champú, cremas, pasta de dientes, aceites corporales, cosméticos, entre otros productos químicos de uso cotidiano.

Las aguas grises contienen menos contaminantes que las aguas negras, tiene menor contenido de patógenos, pero aun así estas pueden contener diferentes tipos de virus patógenos, bacterias, protozoos y parásitos intestinales.

- ***Aguas residuales industriales***

En este tipo de aguas residuales podemos encontrar las que tiene una finalidad comercial y las de las industrias de abastecimiento, este tipo de agua consideran

- **Aguas residuales de la industria:** son aguas acumuladas en ríos, lagos, lagunas, etc., los cuales son vertidas por fábricas y centros de producción

- ***Aguas residuales urbanas***

Las aguas residuales urbanas, provienen de fuentes domésticas y de la escorrentía urbana⁴, el incremento urbano-industrial (Cuadro 1) demanda una mayor cantidad de servicios como el saneamiento y alcantarillado. (UNESCO, 2017).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en su documento titulado “Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos” del 2017, las definiciones técnicas sobre rural y urbano se basan principalmente en los límites geográficos. Es importante el análisis de los conceptos ya que por su procedencia generan aguas residuales con diferentes contaminantes, y esto impacta en su recolección, tratamiento y su utilización (UNESCO, 2017).

Los diferentes tipos de urbanización que menciona la Organización de las Naciones Unidas (ONU), son:

- **Grandes centros urbanos:** hace referencia a mega ciudades, áreas urbanas un distrito de comercio central y zonas residenciales, estas ciudades cuentan con amplias redes de alcantarillado, en la (Cuadro 1) se puede observar su recolección, tratamiento y su utilización del agua residual.
- **Grandes centros urbanos a partir de aglomeraciones urbanas:** son dos o más zonas urbanas donde la densidad de población crece paulatinamente, hasta que se logran fusionar en un área metropolitana, haciendo que cuenten

⁴ Agua que fluye sobre superficies impermeables urbanizadas y que procede de la precipitación, se considera una forma de contaminación por su composición.

con amplias redes de alcantarillado, aunque también existen zonas sin cobertura de los servicios de alcantarillado (Cuadro 1).

- **Centros urbanos más pequeños:** son ciudades con un distrito de comercio central pequeño tienen con redes de alcantarillado limitado y suelen depender de tratamientos de aguas residuales *in situ* (Cuadro 1).
- **Grandes aldeas y las pequeñas ciudades:** son pequeñas y no presentan expansión periférica, pueden ser asentamientos a causa de la industrialización o comercios (Cuadro 1).
- **Zonas rurales:** estas zonas sólo suelen contar con tratamientos *in situ*.

La clasificación de los centros depende de la densidad de población, el ejemplo de un centro urbano pequeño en China es de cinco millones de personas (UNESCO, 2017).

- ***Aguas residuales agrícolas***

Las aguas residuales que provienen de la agricultura han tenido un aumento en la actualidad esto se debe al número de cabezas de ganado las cuales se han triplicado, la agricultura ha aumentado su producción de acuerdo con el reporte de la UNESCO (2017), esto se debe a la demanda de producción de alimentos para satisfacer a la población.

Este incremento ha intensificado problemas en el suelo (erosión), en el agua (cargas de sedimentos y un uso excesivo de agroquímicos); todo esto para mejorar la productividad. Cuando estos productos superan la capacidad de regeneración del suelo y el agua generan cargas contaminantes en el medio ambiente.

El uso excesivo de agua de riego causa un aumento en el flujo de las aguas residuales agrícolas provocando contaminación en aguas subterráneas, la escorrentía de las aguas superficiales también genera contaminación (UNESCO, 2017).

Cuadro 1. Tipos de urbanización y aguas residuales

Tipo de urbanización	Probabilidad de amplias redes de alcantarillado	Presencia de sistemas in situ	Poblaciones barrios marginales	Tipo de tratamiento	Sistema de alcantarillado	Nivel generación aguas residuales	Potencial reutilización/recuperación
Grandes centros urbanos	Sí	Improbable	Generalizados	Centralizado/descentralizado	Óptimo	Alto	Alto
Grandes centros urbanos a partir de aglomeraciones urbanas	Sí, pero no hay una para cada centro	Improbable	Considerable	Centralizado	Óptimo	Alto	Alto
Centros urbanos	Improbable	Probable	Posible	Descentralizado o fosa séptica	Deficiente	Medio	Alto/localizada
Grandes aldeas y pequeñas ciudades	Muy poco probable	Muy probable	Posible	Fosa séptica	Deficiente	Reducido	Posible
Zonas rurales	Inexistente	Muy probable	Improbable	Centralizado	Inexistente	Insignificante	Insignificante/reutilización doméstica

Fuente: (UNESCO, 2017).

3.8 Contaminación según su procedencia

El agua residual proviene de diferentes fuentes, es por esta razón que su contaminación se encuentra en función de su procedencia. Debido a esto su acumulación, tratamiento y regulación también serán diferentes.

- ✓ **Aguas residuales urbanas y domésticas:** la contaminación presente en este tipo de agua contiene cargas contaminantes de bacterias, donde también se

pueden localizar microorganismos patógenos como: bacterias, virus, protozoos, etc. El objetivo de tratamiento para este tipo de contaminación se centra en la disminución de los microorganismos (UNESCO, 2017).

En el siguiente Cuadro 2 se muestran otras fuentes que generan aguas residuales y los principales componentes que se encuentran en ella.

- ✓ **Aguas residuales por actividades industriales:** el fenómeno de la contaminación por parte de las industrias es amplio y complejo debido a que existe una variedad de empresas que vierten su agua residual a ríos, lagos, lagunas, etc., aledaños. El problema con este tipo de agua es que suele contener altas concentraciones de productos químicos como: hidrocarburos, bifenilos policlorados (PCB por sus siglas en inglés), compuestos orgánicos persistentes (COV), cargas orgánicas y disolventes clorados, que de acuerdo a la UNESCO (2017) son compuestos que en pequeñas cantidades pueden contaminar grandes volúmenes de agua (ejemplo: un litro de gasolina contamina un millón de litros de agua subterránea).

En el siguiente Cuadro 3 se muestran aguas residuales de algunas industrias.

Cuadro 2. Fuentes de aguas residuales y sus componentes

Fuentes de aguas residuales	Componentes típicos
Aguas residuales domésticas	Excrementos humanos (microorganismos patógenos), nutrientes y materia orgánica. También pueden contener contaminantes emergentes (por ejemplo, productos farmacéuticos, fármacos y disruptores endocrinos)
Aguas residuales municipales	Muy amplia gama de contaminantes, tales como microorganismos patógenos, nutrientes y materia orgánica, metales pesados y contaminantes emergentes.
Escorrentía urbana	Muy amplia gama de contaminantes, incluidos productos de combustión incompletos (por ejemplo, hidrocarburos aromáticos policíclicos y carbón negro/hollín procedentes de la combustión de combustibles fósiles), caucho, aceite de motor, metales pesados, basura no degradable/orgánica (especialmente plásticos de carreteras y estacionamientos), partículas suspendidas y fertilizantes y pesticidas (de césped)
Escorrentía agrícola (flujo superficial)	Microorganismos patógenos, nutrientes de los fertilizantes aplicados a los suelos y pesticidas e insecticidas derivados de las prácticas agrícolas.
Acuicultura terrestre	Los efluentes de los estanques de asentamiento son típicamente ricos en materia orgánica, sólidos en suspensión (partículas), nutrientes disueltos, metales pesados y contaminantes emergentes.
Aguas residuales industriales	Los contaminantes dependen del tipo de industria
Actividades mineras	El drenaje de relaves, a menudo contiene sólidos en suspensión, alcalinidad, acidez (necesita de pH) sales disueltas, cianuro y metales pesados. Puede contener también elementos radioactivos, dependiendo de la actividad de la mina.
Generación de energía	El agua generada en el sector energético suele ser una fuente de contaminación térmica (agua caliente) y normalmente contiene nitrógeno (por ejemplo, amoníaco, nitrato), total de sólidos disueltos, sulfatos y metales pesados.
Lixiviados de vertedero	Contaminantes orgánicos e inorgánicos, con concentraciones potencialmente altas de metales y químicos orgánicos peligrosos.

Fuente: (UNESCO, 2017).

Cuadro 3. Contenido de aguas residuales industriales.

Industria	Contenido típico de los efluentes
Pulpa y papel	<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos lignosulfónicos clorados, ácidos de resinas clorados, fenoles clorados e hidrocarburos clorados. Alrededor de 500 compuestos orgánicos clorados identificados • Compuestos coloreados y halógenos orgánicos absorbibles (AOX) • Contaminantes que se caracterizan por DBO, DQO, sólidos en suspensión (SS), toxicidad y color
Hierro y acero	<ul style="list-style-type: none"> • Agua de enfriamiento que contiene amoníaco y cianuro • Productos de gasificación: benceno, naftaleno, antraceno, cianuro, amoníaco, fenoles, cresoles e hidrocarburos aromáticos policíclicos <ul style="list-style-type: none"> • Aceites hidráulicos, sebo y sólidos en partículas • Agua ácida de enjuague y residuos ácidos (clorhídrico y sulfúrico)
Minas y canteras	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de partículas de roca <ul style="list-style-type: none"> • Tensioactivos • Aceites y aceites hidráulicos • Minerales no deseados, i.e., arsénico • Limos con partículas muy finas
Industria de alimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Altos niveles de concentraciones de DBO y SS • DBO y pH variable según la verdura, fruta o carne y la estación • Procesamiento de verduras: partículas altas, algunos compuestos orgánicos disueltos, tensioactivos • Carne: orgánicos fuertes, antibióticos, hormonas de crecimiento, pesticidas e insecticidas • Gastronomía: material orgánico vegetal, sal, saborizantes, materia colorante, ácidos, álcalis, aceite y grasa
Destilación	<ul style="list-style-type: none"> • DBO, DQO, SS, nitrógeno, fósforo, variable por procesos individuales <ul style="list-style-type: none"> • Variable de pH debido a agentes de limpieza ácidos y alcalinos • Temperatura alta
Productos lácteos	<ul style="list-style-type: none"> • Azúcares disueltos, proteínas, grasas y residuos de aditivos <ul style="list-style-type: none"> • DBO, DQO, SS, nitrógeno, fósforo
Químicos orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Pesticidas, productos farmacéuticos, pinturas y tintes, productos petroquímicos, detergentes, plásticos, etc. • Materiales de productos base, subproductos, material de producto en forma soluble o en partículas, agentes de lavado y limpieza, disolventes y productos de valor agregado tales como plastificantes
Textiles	<ul style="list-style-type: none"> • DBO, DQO, metales, sólidos en suspensión, urea, sal, sulfuro, H₂O₂, NaOH • Desinfectantes, biocidas, residuos de insecticidas, detergentes, aceites, lubricantes de tejer, acabados para hilar, solventes usados, compuestos antiestáticos, estabilizantes, agentes tensioactivos, auxiliares orgánicos de procesamiento, materiales catiónicos, color <ul style="list-style-type: none"> • Acides o alcalinidad alta • Calor, espuma • Materiales tóxicos, residuos de limpieza, tamaño

Fuente: (UNESCO, 2017).

- ✓ **Aguas residuales por actividades agrícolas:** la contaminación que proviene de esta actividad se relaciona principalmente por el uso de los fertilizantes y algunos otros agroquímicos que pueden contaminar las aguas subterráneas, ya que cuenta con administración de ellos. No sólo estos químicos generan contaminación debido a que la agricultura puede producir otros tipos de contaminantes como: materia orgánica, patógenos, metales y contaminantes emergentes como lo reporta la UNESCO, en la actualidad reporta que han aparecido nuevos contaminantes agrícolas como: vacunas, antibióticos, activadores de crecimiento y hormonas, las cuales proceden de actividades como granjas de ganado y acuicultura (UNESCO, 2017).

En el siguiente Cuadro 4 se muestran la categoría de los principales contaminantes del agua que proviene de la agricultura

Cuadro 4. Categoría de los contaminantes provenientes de la agricultura.

Categoría de contaminante	Indicadores/ejemplos
Nutrientes	Principalmente nitrógeno y fósforo, que están presentes en los fertilizantes químicos y orgánicos, los excrementos animales y, en el agua, como nitrato, amoníaco o fosfato
Pesticidas	Herbicidas, insecticidas, fungicidas y bactericidas, incluidos los pesticidas de organofosfatos, carbamatos, piretroides, organoclorados y otros (muchos, como el DDT, están prohibidos en la mayoría de los países, pero se siguen usando de forma ilegal)
Sales	Incluidos los iones sodio (Na ⁺), cloruro (Cl ⁻), potasio (K ⁺), magnesio (Mg ²⁺), sulfato (SO ₄ ²⁻), calcio (Ca ²⁺) y bicarbonato (HCO ₃ ⁻), entre otros*
Sedimento	Medio en el agua como total de sólidos suspendidos o unidades nefelométricas de turbidez, especialmente del drenaje de estanques durante la cosecha
Materia orgánica	Sustancias químicas o bioquímicas que necesitan oxígeno disuelto en el agua para degradarse (materiales orgánicos; como materia vegetal y estiércol de ganado)
Patógenos	Indicadores de bacterias y patógenos, incluidos E. coli, coliformes totales, coliformes fecales y enterococos
Metales	Incluido selenio, plomo, cobre, mercurio. Arsénico, manganeso y otros
Contaminantes emergentes	Residuos de medicamentos, hormonas, aditivos de alimentos para animales, etc.

Fuente: (UNESCO, 2017).

La contaminación del agua depende de su procedencia y por ende tiene una complejidad inherente para sus tratamientos, por estas razones este proyecto se enfocará en el tratamiento y la reutilización del agua doméstica, ya que el tratamiento es menos complejo.

3.9 El porcentaje de agua gris doméstica

El uso del agua potable en el hogar es muy variable y a veces no es necesario emplear un agua de alta calidad (agua potable) para estas actividades, en la Figura 11 se puede observar el uso del agua potable (López *et al*, 2012).

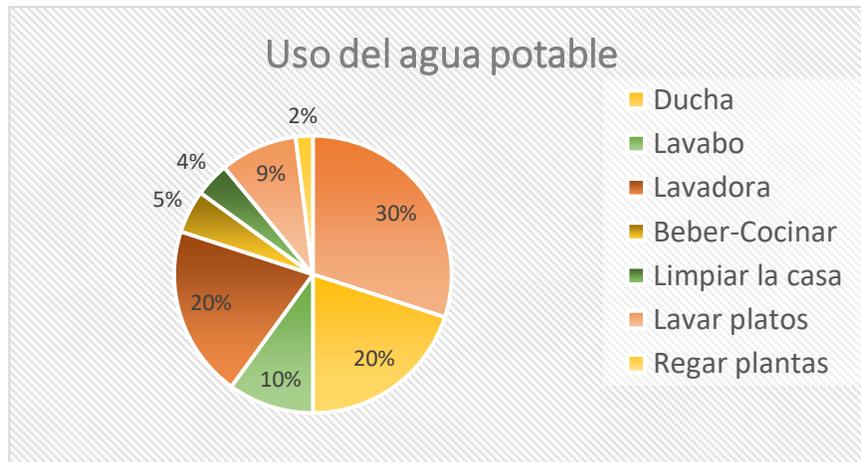


Figura 11. Gráfica del uso del agua potable en el hogar.

Fuente: elaboración propia, tomando como referencia (López *et al*, 2012).

Requieren agua potable

1. Ducha
2. Lavabo
3. Beber y cocinar
4. Lavar platos

No requieren agua potable

5. Baño
6. Lavadora
7. Limpiar la casa
8. Regar las plantas

La cantidad de agua gris que se genera en las viviendas varía significativamente por diversos factores. Algunos factores son: el número de personas en las viviendas, el

factor socioeconómico (nivel social, edad, sexo), tipo de suministro, hábitos de higiene, el consumo.

La recolección del agua gris doméstica es importante, con lo cual se va a tratar la contaminación generada, su uso posterior al tratamiento permite que sean reutilizadas en otras actividades.

La reutilización de las aguas grises domésticas se puede emplear para los inodoros, disminuyendo el consumo del 30% de agua potable. Reutilizar el 44% de agua potable y la captación de agua pluvial, evitará el consumo del 56% del agua potable para el uso doméstico.

3.10 Contaminación del agua gris doméstica

La contaminación de las aguas grises se genera como consecuencia de los productos químicos de uso cotidiano, de las instalaciones y el abastecimiento del agua, hace que las características sean muy variadas, las aguas grises domésticas pueden contener partículas de alimentos, aceite, grasa, fibras de telas, cabello, agentes patógenos, jabones, detergentes, champú, cremas, pasta de dientes, aceites corporales, cosméticos, entre otros.

3.11 Tratamiento del agua gris doméstica

Usualmente el tratamiento de las aguas grises domésticas consiste en una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos, esta combinación de procesos ayuda a la eliminación de contaminantes en el agua.

Dependiendo de los parámetros se seleccionan los mecanismos y las combinaciones de los mismos para eliminar los diferentes compuestos, un ejemplo de los parámetros que se pueden eliminar se muestran en el siguiente Cuadro 5.

Cuadro 5. Parámetros y mecanismos de remoción de contaminantes

PARAMETRO	MECANISMO		
	Químico	Físico	Biológico
Sólidos suspendidos	Sedimentación	Membranas	Degradación microbiana
DBO	Sedimentación	Radiación UV	Degradación microbiana
DQO	Sedimentación	Radiación UV	Degradación microbiana
Compuestos de nitrógeno	Sedimentación	Asimilación y volatilización	Asimilación por especies vegetales y microbianas
Fósforo	Sedimentación	Precipitación y asimilación	Asimilación por especies vegetales y microbianas
Patógenos	Sedimentación	Radiación UV	Mortandad

Fuente: (CONAGUA, *s/f*)

El tratamiento de aguas residuales puede ser de manera centralizada o descentralizada. El método centralizado se enfocó en el volumen grande de usuarios, un ejemplo son las zonas urbanas, mientras que en los casos de métodos descentralizados muchas de las veces utilizan combinaciones de sistemas en grupos para tratar el agua de las viviendas individualmente (Cuadro 6), específicamente en zonas con poca población (baja densidad), comunidades dispersas y zonas rurales (UNESCO, 2017).

Cuadro 6. Tratamiento de las aguas residuales, ventajas y desventajas

Tipo	Naturaleza de las aguas residuales	Ventajas	Desventajas	Componentes eliminados
Sistemas sépticos	Aguas residuales domésticas	Simple, duradero, de fácil mantenimiento, requiere un espacio pequeño	Baja eficiencia de tratamiento;	DQO, DBO, TSS; grasa
Filtro anaeróbico	Aguas residuales domésticas e industriales	Simple y bastante duradero, si está bien construido y las aguas residuales han sido tratadas previamente de forma adecuada	El material de filtro puede causar altos costos de construcción	DBO, total de sólidos disueltos, TSS
Estanques de estabilización	Aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas; buenas para ciudades pequeñas y medianas	Los estanques de maduración pueden lograr una buena eliminación bacteriana. fuente de energía	Uso intensivo de tierra; a veces DBO y SS altos en efluentes de algas pero relativamente inofensivos;	DBO, SS, TN, TP
Estanques de estabilización de aguas residuales	Aguas residuales domésticas y agrícolas	No hay riesgo de obstrucción; altas tasas de eliminación de nutrientes	Uso intensivo de tierra; necesidad de cosecha constante; inadecuada en regiones muy ventosas	DBO, SS, TN, metales
Humedales artificiales	Aguas residuales domésticas y agrícolas; pequeña comunidad.	Baja o ninguna necesidad de energía; bajos costos de mantenimiento; proporciona valor estético, comercial y para el hábitat	Uso intensivo de tierra; se puede obstruir el sistema	TSS, DQO, TN, TP

Fuente: (UNESCO,

3.12 Ecotecnologías

3.12.1 Concepto Ecotecnologías

El pionero del estudio de la ecología de ecosistemas fue Howard T. Odum en la década de 1960, utilizó el término de ingeniería ecológica o ecotecnología para referirse al diseño, la construcción, la operación y la gestión de sistemas que beneficien a la naturaleza y la humanidad. El término de ecotecnología se asocia a teorías como ecología industrial, tecnologías limpias y la modernización ecológica (Ortiz et al., s/f).

Las corrientes descritas en la sección anterior, los movimientos sociales y las aproximaciones teóricas promueven estilos de vida alternativos, tecnologías descentralizadas y aplicaciones a pequeña escala, esto tiene una estrecha relación con la satisfacción de las necesidades básicas. Algunas de estas necesidades no están resueltas por lo tanto se buscan modelos tecnológicos alternativos que generen oportunidades económicas locales, viviendas, energía, abastecimiento y saneamiento del agua, acceso a la alimentación, cuidado de la salud, la Figura 12 muestra algunos de los beneficios que brindan las ecotecnologías.

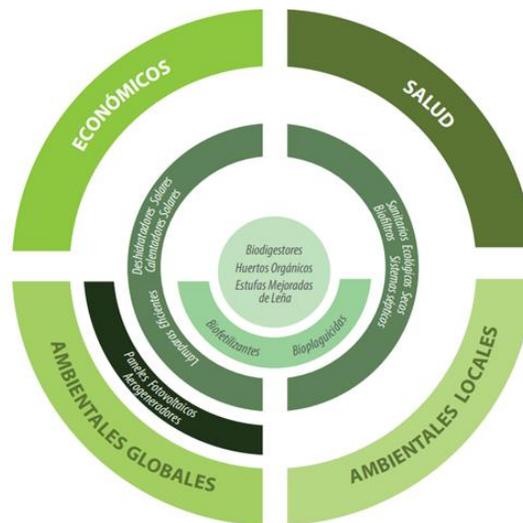


Figura 12. Beneficios de las ecotecnologías.

Fuente: Ortiz et al., s/f

Las tecnologías alternativas buscan fomentar la satisfacción de las necesidades humanas, la autosuficiencia mediante la participación social, la producción a pequeña

escala, la producción a bajos costos, la descentralización de las tecnologías, pero sobre todo busca la armonía de la sociedad con el medio ambiente, la Figura 13 muestra las características de las tecnologías alternativas (Ortiz et al., s/f).

Las iniciativas sobre tecnologías alternativas fueron perdiendo importancia con el neoliberalismo a partir de la década de los ochentas, sin embargo, generaron otros movimientos como el desarrollo de innovaciones locales basadas en procesos de inclusión social.

Las innovaciones se basan en las tecnologías mediante procesos inclusivos y colaborativos para dar alternativas que atiendan las necesidades de algunas localidades, principalmente a las zonas rurales, generando transformación y empoderamiento social a nivel comunitario (Ortiz et al., s/f).

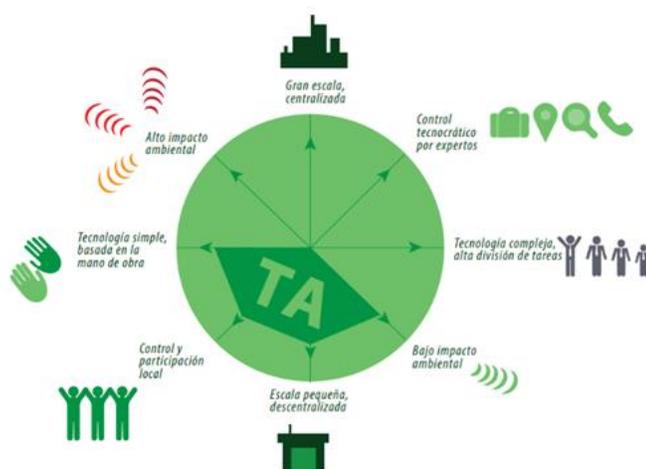


Figura 13. Características del desarrollo tecnológico convencional (mitad superior del diagrama) y atributos principales de las tecnologías alternativas.

Fuente: Ortiz et al., s/f

No existe una definición exacta del término ecotecnología, debido a que proviene de las aplicaciones tecnológicas y ecología industrial. Las referencias son escasas y se encuentran más relacionadas con aplicaciones ecológicas. A partir de eso, los autores Ortiz et al., proponen la siguiente definición de ecotecnología:

“Dispositivos, métodos y procesos que propician una relación armónica con el ambiente y buscan brindar beneficios sociales y económicos tangibles a sus usuarios, con referencia a un contexto socioecológico específico”

3.13 Biorremediación

Una de las opciones en desarrollo es la biorremediación, que utiliza sistemas biológicos naturales o mejorados para degradar, transformar o eliminar sustancias peligrosas presentes en los suelos, agua y aire.

Esta práctica se ha utilizado en los cuerpos de agua muy contaminados con sustancias orgánicas, a través de enzimas y microorganismos que transforman los compuestos en uno de menor o ningún impacto ambiental (UAEM, 2015).

3.13.1 Fitorremediación

Las técnicas de fitorremediación se caracterizan por ser una práctica de limpieza pasiva y estéticamente agradable que aprovechan la capacidad de las plantas y la energía solar para el tratamiento de una gran variedad de contaminantes (EPA, 1996).

En la fitorremediación existen varios tipos de procesos, estos varían según las partes de la planta o los microorganismos que contribuyen con la degradación de los contaminantes.

Cuadro 7. Tipos de procesos de fitorremediación

Tipo	Proceso involucrado	Contaminación tratada
Fitoextracción	Las plantas se usan para concentrar los contaminantes en las partes cosechables	Diversas aguas contaminadas con cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo y zinc.
Rizofiltración	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar los contaminantes a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos	Aguas contaminadas con cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo selenio y zinc.
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes se usan para reducir su movilidad y evitar el pasaje a capas subterráneas o al aire	Lagunas de desecho de yacimientos mineros, aguas residuales. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, aguas residuales agropecuarias
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican los contaminantes o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración	Aguas residuales agropecuarias, aguas con mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano)
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos	Aguas residuales agropecuarias, municipales, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitratos.

Fuente: se modificó el cuadro de (CONAGUA, *s/f*)

La degradación de los compuestos orgánicos ocurre naturalmente en las partes de la planta como tallos, raíces y hojas como se muestran en la Figura 14, sin embargo, para saber qué tipo de proceso de eliminación de contaminantes se lleva a cabo dentro de la planta es necesario realizar análisis.

La velocidad de cambios afecta a los sistemas acuáticos, debido a las cargas constantes, lo que provoca que la capacidad de degradación sea rebasada. Los

sistemas biológicos pueden ser mejorados para aumentar la velocidad de degradación y así utilizarlos en sitios con una elevada contaminación (UAEM, 2015).

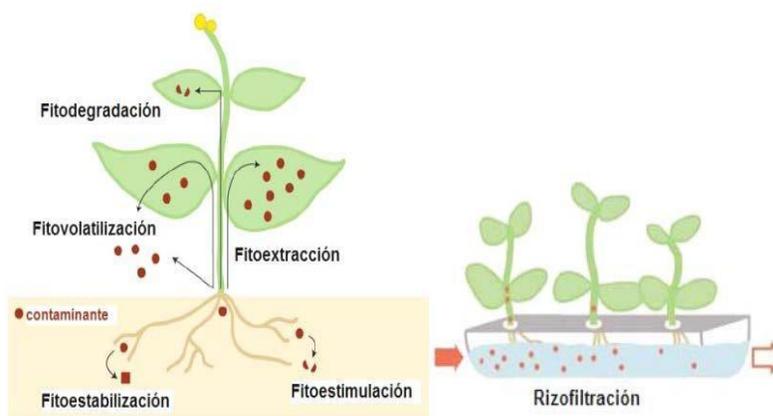


Figura 14. Tipos de procesos de fitorremediación

Fuente: (<https://agroalimentando.com/>)

La fitorremediación es una técnica de tratamiento de aguas residuales mediante la interacción de las plantas acuáticas, bacterias aerobias y oxígeno reducen su carga contaminante. El concepto de fitodepuración puede explicarse como la intervención de cualquier tipo de organismo fotosintético como las plantas superiores (macrófitas).

3.14 Teoría del desarrollo sostenible

El concepto de desarrollo sostenible, surge a finales de los años setentas, este concepto incluye la relación entre el desarrollo económico y preservación del medio ambiente. En la Asamblea General de las Naciones Unidas, titulada "Nuestro Futuro Común", se define como "desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las propias" (Gallopín, s/f).

Lo que busca el desarrollo sostenible es que se pueda satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones, para lograr esto es necesario contar con aspectos que integren las necesidades de la sociedad, para esto en el 2015, los Estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible, lo cuales buscan ponerle fin a la pobreza, proteger el planeta, mejorar la calidad de vida de las personas, en la Figura 15 se puede

observar de manera general algunos puntos de los que hablan los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) (Agenda 2030, 2017).



Figura 15. Esquema de los ODS

Adaptado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Esta investigación se enfocará en el cuidado del agua, debido a que el abasto de agua debe ser suficiente y de buena calidad, lo cual es indispensable para la salud y el bienestar de los seres humanos y de los ecosistemas.

El recurso hídrico es la base para el desarrollo socioeconómico; sin embargo, aunque todos recibimos beneficios de este recurso, pocos son los que saben que se debe cuidar e intervenir para darle un tratamiento y no se contaminen cuerpos de agua.

De acuerdo con la Agenda 2030, el Objetivo del Desarrollo Sostenible 6 hace referencia al tema de "Agua limpia y saneamiento", el cual busca garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos y todas

(Agenda 2030, 2017), algunas de las metas que se relacionan con el tema de la investigación son:

- **Meta 6.1.** Menciona que se busca lograr el acceso universal y equitativo al agua potable segura y asequible para todos.
- **Meta 6.4.** Indica que se debe aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento del agua dulce para hacer frente a la escasez del agua y reducir el número de personas que no cuenten con acceso al agua
- **Meta 6.5.** La implementación de una gestión integrada de recursos hídricos a todos los niveles mediante la cooperación.
- **Meta 6.a** Busca ampliar la cooperación internacional y el apoyo presentado en países en desarrollo para la creación de capacitación en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización.
- **Meta 6.b** Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión de agua y el saneamiento.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

Este capítulo está dividido en dos etapas, la primera detalla el proceso de concientización y educación ambiental con las familias y la segunda está enfocado en el diseño del tren de tratamiento (FITOECOFIL).

4.1 Método de la investigación.

La presente investigación se enfoca en la investigación mixta, también conocida como estudios de triangulación, convergencia, multimodal, investigación integrativa, investigación integral, investigación de métodos múltiples, etc (Paitán et al., 2014).

Este tipo de investigación se basa en los métodos cualitativos y cuantitativos con la finalidad de tener una investigación más completa (Paitán et al., 2014), posteriormente se eligen combinaciones, métodos y diseños relacionados con el problema de investigación (Chaparro, 2020).

Hernández y Mendoza (2018, p.10), citado por Chaparro (2020) consideran a los métodos mixtos como un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación, los cuales involucran recolección y análisis de datos de tipo cuantitativo y cualitativo.

4.2 Enfoque de la investigación.

El enfoque de la investigación se basó en la investigación acción participativa o investigación acción, la cual según Latorre (2005), se considera un instrumento que genera cambio en la realidad social, la investigación acción no sólo se considera como ciencia práctica y moral, también como ciencia crítica.

La Investigación Acción Participativa (IAP), considera diferentes formas de hacer investigación para el cambio social, principalmente con la participación de la gente. De acuerdo con Zapata y Rondán (2016, p. 7), la participación es esencial para el éxito, ya que la complejidad de los problemas requiere de diferentes conocimientos y experiencias de los diferentes actores.

De acuerdo con Latorre (2005), el ciclo de la investigación acción se constituye de cuatro fases: planificación, acción, observación y reflexión (Figura 16). Para Bartolomé (1986), citado por Latorre (2005), la investigación acción se lleva a cabo con un grupo de trabajo, con o sin ayuda de un facilitador externo.

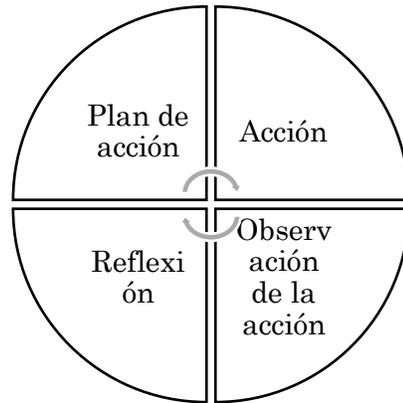


Figura 16. Ciclo de la investigación acción

Sin embargo, para Lewin (1946), la investigación acción cuenta sólo con tres elementos claves para su desarrollo (Figura 17), la cual es de forma colaborativa con la finalidad de mejorar la practica a través de ciclos de acción y reflexión (Latorre, 2005, p.24).

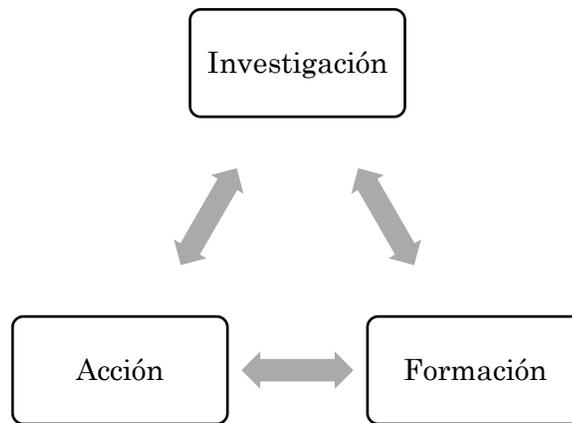


Figura 17. Triángulo de Lewin

La presente investigación, se basa en el lenguaje de las personas, para describir y explicar las acciones humanas y situaciones sociales, de acuerdo con ellos. La investigación acción permite que los actores involucrados, conozcan la problemática

relacionada con el recurso hídrico e interpreten, propongan y transformen su realidad.

4.3 Diseño de la investigación.

De acuerdo con Pring (2000), la investigación acción tiene las siguientes características:

- ✓ **Participativa:** se debe involucrar a la gente a participar en la investigación.
- ✓ **Cualitativa:** se enfoca más en la convivencia con las personas, que en los números.
- ✓ **Reflexiva:** hace una reflexión crítica sobre el proceso y los resultados.

4.4 Población de estudio

El estudio está constituido por población adulta de las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, mayores de 35 años, que viven en la localidad de San Lorenzo Almecatla, Cuautlancingo, Pue.

De acuerdo con Sánchez (2021), la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” cambio de sede, de la calle Aldama No. 112, Colonia 15 de septiembre en San Lorenzo Almecatla, para la calle Río Frío sin número (Figura 18), donde habita la socia con mayor participación de la Cooperativa “El Porvenir” y es una persona clave en dicha comunidad.



Figura 18. Ubicación la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”

La Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, está ubicada en una zona periurbana, como se muestra en la Figura 19, se encuentra rodeada de naves industriales como: Grupo Sesé, Gestamp CLG, Gas Uno de Puebla S.A de C.V, Gestamp Puebla, Patio de Distribución de Unidades VW, etc.; junto al domicilio se encuentra las pipas de agua potable, y en su mayoría se encuentra rodeada por terrenos baldíos



Figura 19. Ubicación de las empresas cercanas del hogar de la socia de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”

4.5 Muestra del estudio

La muestra de estudio se seleccionó por conveniencia, según Mcmillan y Schumacher (2005) este tipo de muestra por conveniencia, se refiere a un grupo de sujetos seleccionados sobre la base de ser accesibles o adecuados.

Es importante que los investigadores describirán la muestra por conveniencia cuidadosamente, cuando no pudieron emplear una selección aleatoria, esto porque las características de los sujetos deben coincidir con las de la población objetivo (Mcmillan & Schumacher, 2005)

Por consiguiente, la presente investigación se realizó con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, ya que la agrupación ha trabajado con el Campus Puebla del Colegio de Postgraduados en coordinación con la Regiduría de Agricultura y Ganadería del municipio de Cuautlancingo, donde la investigadora es estudiante de la Maestría Profesionalizante en Gestión del Desarrollo Social.

4.6 Etapa I: Conciencia y educación ambiental.

La ejecución de este estudio, se basó en el proceso de concientización el cual consta de varias fases, con el propósito de elaborar actividades, lograr una conciencia y educación ambiental con el grupo de estudio.

4.6.1 Diagrama de flujo

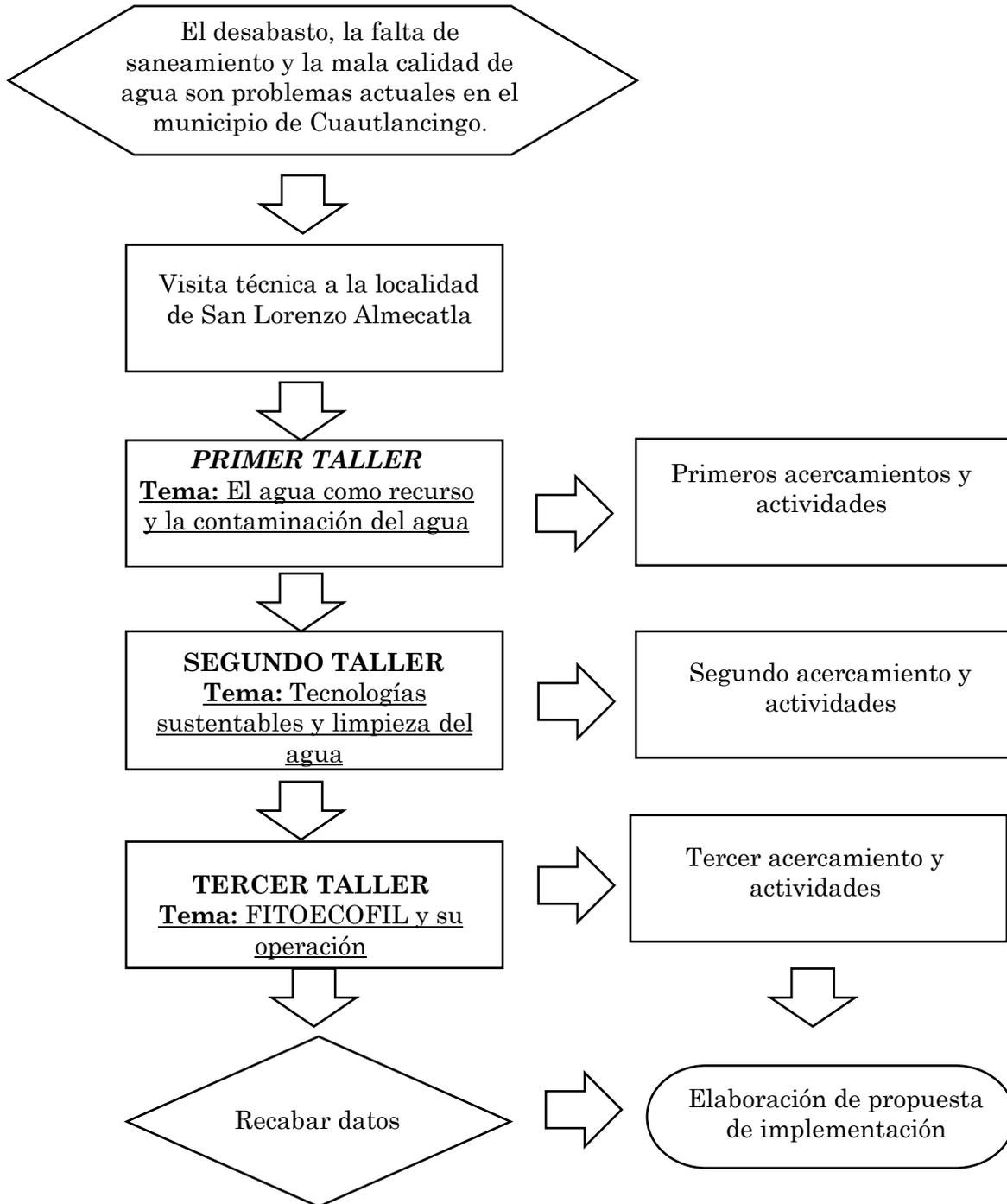


Figura 20. Diagrama de flujo de los talleres y sus actividades

4.6.2 Primera fase: motivación o sensibilización.

La primera fase consistió en una presentación en conjunto con el profesor consejero, la participación del Coordinador MAP Valles de Puebla y el Coordinador de la Maestría Profesionalizante en Gestión del Desarrollo Social, donde se dio a conocer la problemática general que tienen sobre el desabasto del recurso hídrico, la población de estudio manifestó el interés de realizar una investigación en conjunto con la investigadora, tomando como punto de partida su inquietud sobre la escasez de agua.

4.6.3 Segunda fase: planificación de la capacitación.

La capacitación de los actores se realizó a través de talleres participativos, los cuales se diseñaron a partir de las interacciones, observaciones y retroalimentación del primer acercamiento. Los talleres estuvieron enfocados en el contexto de generar una conciencia crítica ambiental y a resolver la problemática de contaminación del agua en los hogares de los actores.

4.6.4 Tercera fase: diagnóstico.

Mediante los talleres y pláticas realizadas con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de la localidad de San Lorenzo Almecatla, se obtuvo información a través de la técnica de observación no participante, esto para realizar un análisis de la información recabada en las pláticas, con la finalidad de tener un diagnóstico sobre la problemática que tiene con el recurso hídrico.

Los resultados obtenidos del diagnóstico indicaron que la escasez del recurso hídrico al interior de los hogares estaba en la inexistencia del manejo del recurso y falta de conocimiento sobre diferentes tratamientos para dar un segundo uso al agua que proviene del interior de sus hogares, esto es importante debido a que es un elemento vital para el ser humano y los ecosistemas, su mala gestión tiene un impacto negativo en la salud pública.

4.6.5 Cuarta fase: estructuración.

La fase de diagnóstico y de estructuración se realizaron simultáneamente, debido a que cada taller tenía una actividad o una capacitación, para esto fue necesario estructurarlos y organizarlos, los criterios para cada taller y/o plática se tomaron en consideración:

- **Organización del evento:** Para cada sesión se tuvo una planificación y organización de los talleres, se realizó una carta descriptiva de cada taller (Anexos 2 al 5) y se programaron diferentes actividades que se relacionaron con el tema a tratar (3.6.11 Diseño de los talleres participativos), se identificaron los grados de estudios de las personas para identificar las técnicas y dinámicas a seguir.
- **Pase de lista:** se realizó el registro a las personas participantes en cada taller, este número era variable según el taller impartido.

4.6.6 Quinta fase: proyecto.

Una vez concluidos los talleres, actividades y capacitaciones con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, se decidió que la intervención debería no sólo crear un grado de conciencia ambiental, sino que también debería incluir el diseño de un tren de tratamiento de aguas grises domésticas (Etapa II), con un uso práctico para el tratamiento de agua gris doméstica proveniente de los lavaderos y lavabos.

Cada fase del proceso de concientización es importante, sin embargo, en este proyecto se puso principal énfasis en la primera, tercera y quinta fase, ya que es el objetivo general de la investigación.

4.6.7 Técnicas e instrumentos de la recolección de la información

Existe una gran variedad de técnicas e instrumentos; sin embargo, para la presente investigación se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos (Cuadro 8), también se presentan los conceptos de cada uno de ellos.

Cuadro 8. Relación de las técnicas e instrumentos de investigación

Etapas	Técnicas	Instrumentos
Primera etapa	Observación participante	Libreta de campo, grabadora y video
	Observación no participante	Lista de cotejo, grabadora y video
Segunda etapa	Grupos focales	Guías de discusión
	Entrevista semi-estructurada	Guía de entrevista semi-estructurada

Fuente: Elaboración propia

Para la investigación cualitativa existe una serie de técnicas e instrumentos; sin embargo, los siguientes son lo que se utilizaron durante la investigación.

4.6.8 Observación participante

Es una técnica que consiste en la participación y la convivencia del investigador con un grupo social o comunidad como invitado; al mismo tiempo que se observa y se registran datos sobre aspectos y variables importantes de su investigación (Paitán et al., 2014). Una característica de esta técnica, es que, mediante categorías e instrumentos de recolección de datos y control de grado de participación e interacción social, es posible hacer reflexiones del estilo de vida de una comunidad o las jerarquías sociales dentro del grupo de estudio (Chaparro, 2020).

4.6.9 Entrevista semi-estructurada

La técnica de entrevista semi-estructurada, a diferencia de otras entrevistas es libre, sólo debe ser basada en una guía realizada por el entrevistador; esta entrevista es de acuerdo con las necesidades del investigador y la investigación (Paitán et al., 2014). La guía de entrevista contiene preguntas abiertas, el objetivo de las preguntas es generar un dialogo con las personas. El instrumento ayuda a establecer un diseño

flexible de la investigación, haciendo que los actores sean el centro de dicho trabajo (Chaparro, 2020).

4.6.10 Grupo focal

Es una técnica cualitativa, la cual debe de tener reuniones con grupos entre 6 y 12, el grupo debe contar con un moderador el cual es el encargado de hacer preguntas y dirigir la discusión. El investigador es el encargado de promover la interacción dentro del grupo, de manera que los participantes se sientan cómodos para responder las preguntas y expresar sus opiniones (Paitán et al., 2014).

El grupo focal es una técnica que se usa para la recolección de datos, esto es importante para conocer la percepción de las personas, de acuerdo con un tema de su interés, se busca obtener la opinión de las personas sobre el tema (Paitán et al., 2014).

4.6.11 Diseño de los talleres participativos

El objetivo de los talleres participativos con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” es la concientización y educación ambiental sobre el manejo del recurso hídrico al interior de sus hogares, para que puedan administrar el recurso de una manera eficiente, para la organización de los talleres se elaboraron diversas fichas (Figuras 9, 10 y 11).

A. Primer taller participativo

Tema: El agua como recurso y la contaminación del agua

Los subtemas que conforman el primer taller:

- 1. Fuentes de agua**
- 2. Contaminación del agua**

Cuadro 9. Ficha técnica del primer taller participativo con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.

Objetivo del taller	Se realizó un mapa socio ambiental para identificar la problemática de la escasez y desabasto de agua potable de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.
Metodología	Es una metodología que ayudó a conocer las fuentes principales de agua potable de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” y así poder identificar la problemática de la escasez y desabasto de agua potable.
Herramienta	1. Mapa de la comunidad (Fuentes de agua) 2. Ciclos del agua (ejercicio individual y familiar)
Participantes	Familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”
Duración	2 módulos
Productos esperados	<ul style="list-style-type: none"> • Visibilización de problemáticas • Identificar la huella hídrica • Mapeo de conflictos socio ambientales asociados con el agua
Fecha	2 de febrero del 2022

Fuente: Elaboración propia

B. Segundo taller participativo

Tema: Tecnologías sustentables y limpieza del agua

Los subtemas que conforman el segundo taller:

- 1. ¿Qué son las tecnologías sustentables?**
- 2. ¿Cuántas tecnologías sustentables existen?**
- 3. ¿Cómo ayudan a la limpieza del agua?**

Cuadro 10. Ficha técnica del segundo taller participativo con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.

Objetivo del taller	Se conocieron algunas tecnologías sustentables y como se pueden utilizar a pequeña escala en los hogares, y se analizaron las ventajas y desventajas.
Metodología	Esta metodología ayudó para conocer las ventajas y desventajas de la implementación de las tecnologías sustentables en los hogares de los participantes y visualizar como les gustaría que fuera su comunidad en el futuro.
Herramienta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de las tecnologías sustentables 2. Cuadro comparativo de la situación actual y la situación deseada
Participantes	Familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”
Duración	3 módulos
Productos esperados	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de las tecnologías sustentables
Fecha	13 de abril del 2022

Fuente: Elaboración propia

C. TERCER TALLER

Tema: FITOECOFIL y su operación

Los subtemas que conforman el tercer taller:

- 1. Aguas residuales**
- 2. Sistemas de tratamiento**
- 3. Funcionamiento del FITOECOFIL**

Cuadro 11. Ficha técnica del tercer taller participativo con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.

Objetivo del taller	El objetivo de esta actividad fue la elaboración de un plan de acción que deje las bases para impulsar o fortalecer la concientización y educación ambiental del uso y manejo del agua, desde la identificación de estrategias y alternativas.
Metodología	Se buscó construir un plan de acción donde a corto plazo una tecnología sustentable ayude al tratamiento de agua gris doméstica, a través de acciones realizables y concretas
Herramienta	Estrategias y alternativas
Participantes	Familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”
Duración	3 módulos
Productos esperados	<ul style="list-style-type: none"> • Qué estrategias ha estado usando la comunidad para hacerle frente a las problemáticas. <ul style="list-style-type: none"> • Qué alternativas existen. • Cómo lo podemos hacer y con quiénes. • Qué hemos hecho. Qué podemos hacer. Oportunidades, posibilidades.
Fecha	18 de mayo del 2022

Fuente: Elaboración propia

La falta de concientización y educación ambiental genera deterioro, contaminación y la escasez de recursos hídricos, es por esto que se debe fortalecer la participación, el diálogo y la interacción con personas como sujetos sociales y de la comunidad.

4.7 Etapa II: Diseño e implementación del FITOECOFIL

Esta etapa se inicia con la elaboración del diagrama que se muestre en la figura 21.

4.7.1 Diagrama de flujo para la selección del diseño

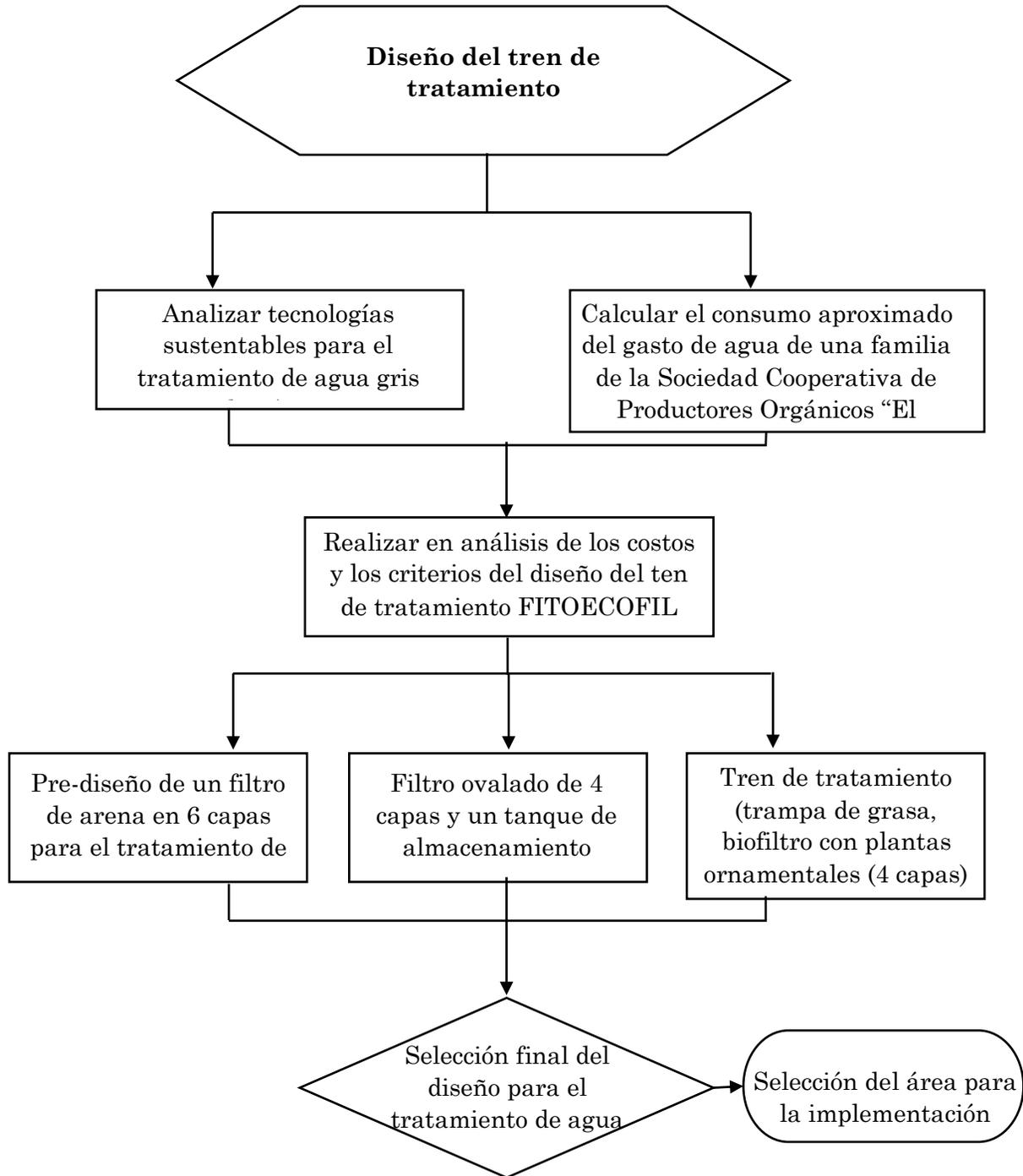


Figura 21. Diagrama de flujo de la selección del diseño del FITOECOFIL

4.7.1.1 Propuesta para la selección del diseño del tren de tratamiento

Las propuestas del pre diseño (Cuadro 12), consideraron las características de acuerdo con las necesidades de la familia, teniendo en cuenta las dimensiones, la recolección del agua gris, la capacidad de acuerdo con los litros por segundo y el aproximado del presupuesto (dependerá de la casa y de los materiales).

La propuesta es incorporar un biofiltro de 6 capas, con una capacidad de 0.503 L/seg, el cual ocupa un área de 1 m² (Figura 21), con estas dimensiones se consideraron 12 especies de plantas. Sin embargo, el diseño final está determinado por el área con la que cuenta la familia para la construcción y la implementación del biofiltro.

Cuadro 12. Diseño de los prototipos del FITOECOFIL

Tamaño	Dimensiones (metros)			Necesidades	Capacidad (L/seg)	Presupuestos (Pesos MXM)
	largo	ancho	Alto			
Grande	3	1.5	0.5	Se consideran la recolección de las aguas grises en el hogar Regaderas (x2), lavamanos (x2), lavadora y fregadero	1.528 L/seg	\$ 12, 460
Mediano	2	1	0.5	Fregadero, lavabos y lavadora	0.755 L/seg	\$ 7, 100
Chico	1	1	0.5	Fregadero y lavadora	0.503 L/seg	\$ 4, 080

Fuente: Elaboración propia

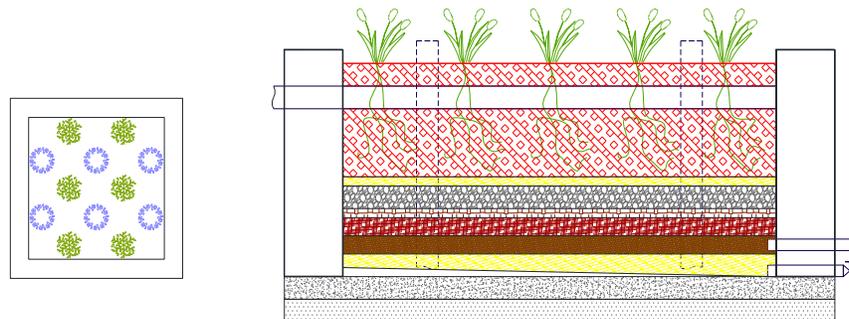


Figura 22. Pre diseño del FITOECOFIL

4.7.2 Diagrama de implementación del FITOECOFIL

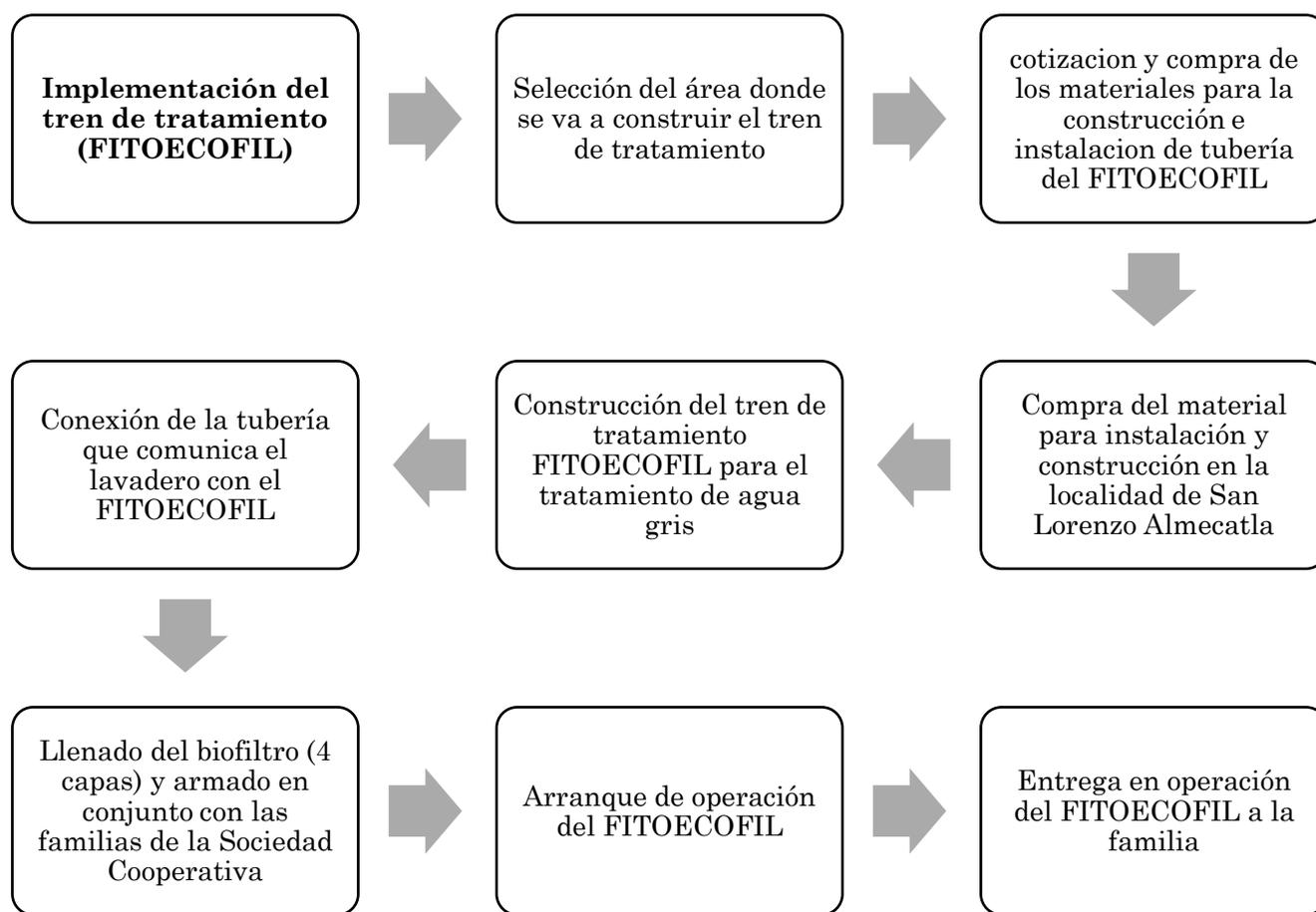


Figura 23. Diagrama de implementación, construcción y entrega del tren de tratamiento FITOECOFIL

4.7.2.1 Criterios para la implementación y construcción

Antes de la implementación se consideraron las siguientes condiciones, esto para poder facilitar el tratamiento de las aguas grises:

- ✓ El agua debe estar disponible durante todo el año para mantener a las plantas vivas.
- ✓ Los flujos de agua mayores al que pueda soportar el módulo causará estrés en el sistema, y se debe quitar el exceso hasta la superficie del tezontle
- ✓ Exposición total al sol es ideal para el FITOECOFIL
- ✓ Ubicar el FITOECOFIL en un lugar donde sea aprovechable

4.7.2.2 Sustratos considerados en el FITOECOFIL

Los sustratos dan soporte a la vegetación, permiten la fijación de los microorganismos, y pueden tratar la, en el siguiente cuadro 13 se muestran los sustratos usados para el FITOECOFIL.

Cuadro 13. Sustratos para el pre diseño del FITOECOFIL

Sustrato	Tamaño	Porosidad
Tezontle	3-5 cm	
Grava	2-8 mm	0.25-0.50
Cacahuatillo	5-15 mm	0.2-0.4
Arena (fina)	0.1-0.25 mm	0.25-0.50

Fuente: Elaboración propia

4.7.2.3 Vegetación para el FITOECOFIL

La vegetación ayuda a transferir oxígeno, permite la aireación y favorece la actividad microbiana, en el siguiente cuadro 14 se muestran la vegetación del FITOECOFIL.

Cuadro 14. Vegetación sugerida para el FITOECOFIL

Nombre científico	Nombre común
<i>Spathiphyllum</i>	Cunas de Moisés
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	Alcatraz
<i>Agapanthus</i>	<i>Agapanthus africanus</i>
<i>Cyrtanthus breviflorus</i>	Lirio de fuego

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSION

El presente capítulo contiene los resultados de la investigación sobre la concientización ambiental con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, de la localidad de San Lorenzo Almecatla, en el municipio de Cuautlancingo, Puebla.

5.1 Etapa I: Conciencia y educación ambiental.

Se realizó un análisis de los resultados obtenidos de las entrevistas semi estructuradas con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, se encontraron diferentes variables las cuales influyeron en la implementación y construcción de un tren de tratamiento (FITOECOFIL) para el reúso de agua gris doméstica.

Durante la aplicación de la encuesta fue necesario realizar una introducción para que las familias conocieran la información de la encuesta.

5.1.1 El conocimiento de la investigación

En la primera fase de la encuesta se indago sobre el conocimiento y concepto del agua gris, el reúso de aguas grises y los sistemas de tratamiento de aguas grises. Los resultados fueron los siguientes:

El 57 % de las personas que conforman a la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” tiene conocimiento de las aguas grises. Este conocimiento facilitó el proceso de los talleres y capacitaciones con las familias, sin embargo, para el 43 % de las personas que desconocían el tema (Figura 24), fue necesario dar una introducción de los conceptos generales como se muestra en el Anexo 1 y Figura 1.

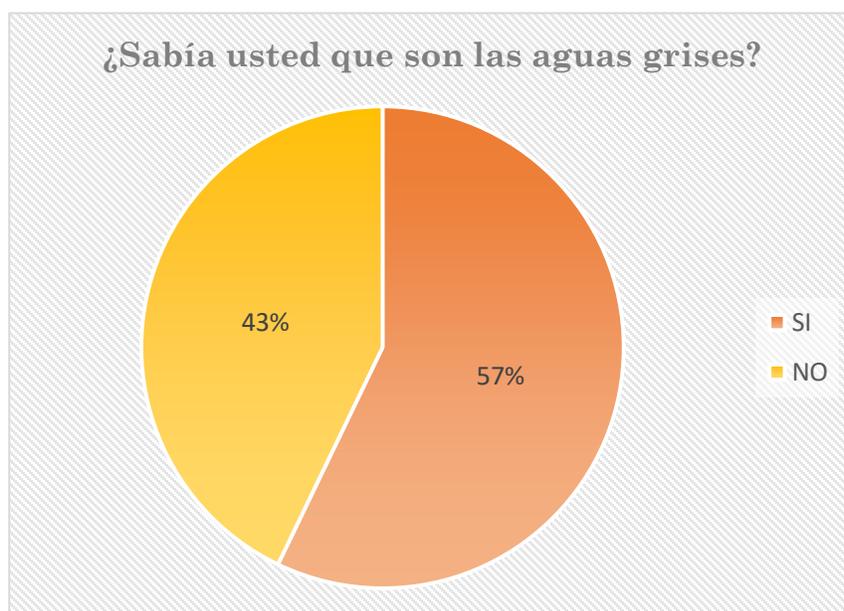


Figura 24. Conocimiento del agua gris

El 86 % de las personas reutilizaron el agua gris al interior de sus hogares (Figura 25), a través del riego de las plantas ornamentales y árboles frutales (Sra. Gilberta Paisano Bonilla) y en el sanitario (la Sra. Lucia Salina Luna); sin embargo, el 14% de los participantes que conforman la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” no reúsa el agua, debido a que ya se encuentran conectados totalmente a la red de alcantarillado.

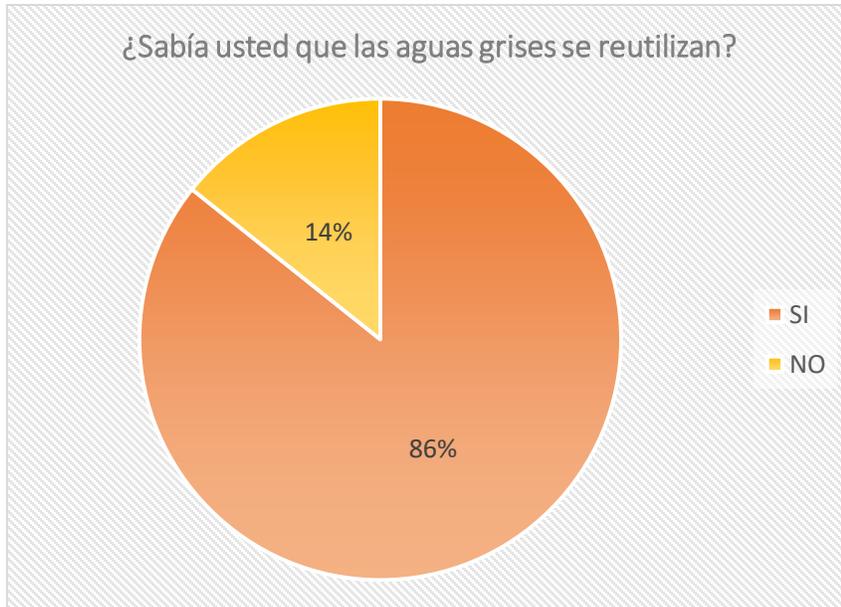


Figura 25. Conocimiento de la reutilización del agua gris



Figura 26. Conocimiento de los tratamientos del agua gris

En la Figura 25 podemos apreciar que del 86% de las personas que reutiliza el agua de su hogar, sólo el 29% conoce tratamientos amigables con el medio ambiente y 71% restante conoce plantas de tratamiento, de alguna industria o municipal, cabe señalar que estas plantas tienen tratamientos químicos por la diversidad de contaminantes presentes en ella.

5.1.2 Conexión a la red de agua potable

La primera parte de la encuesta mostró que 14% de los miembros de la Sociedad Cooperativa “El Porvenir” ya cuentan con el servicio de drenaje y alcantarillado, por lo tanto, fue necesario realizar preguntas de control, las cuales ayudaron a saber si es posible realizar la instalación del tren de tratamiento, se obtuvieron las siguientes respuestas.

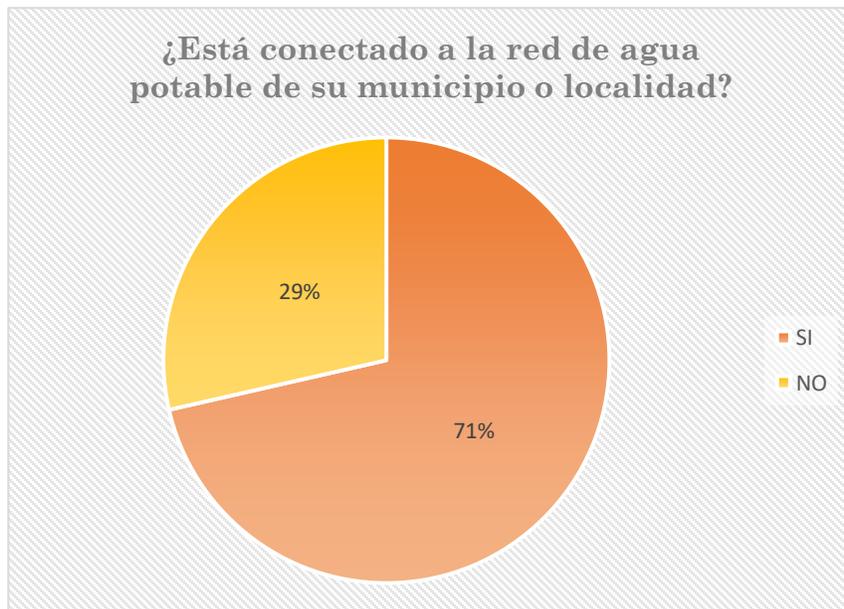


Figura 27. Conexión a la red de agua potable y alcantarillado

De la información obtenida se puede apreciar que sólo el 29% (Figura 27) de los miembros de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” no está conectado a la red de saneamiento y alcantarillado.

El 71% que desconoce sobre tratamientos del agua gris doméstica (Figura 27) disponen de la red de agua potable y alcantarillado, haciendo que la implementación de un tren de tratamiento (FITOECOFIL) sea más interesante para el 29% restante de los miembros de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.

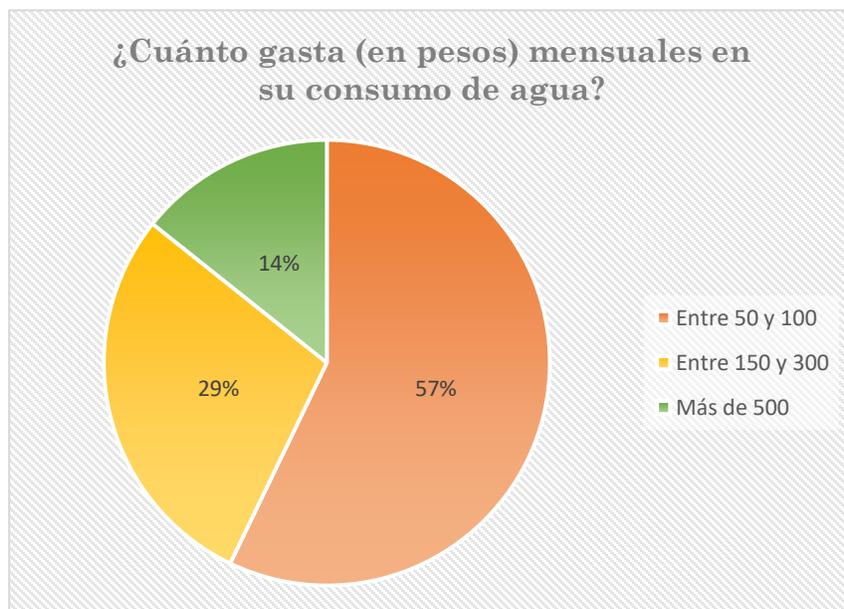


Figura 28. Consumo de agua

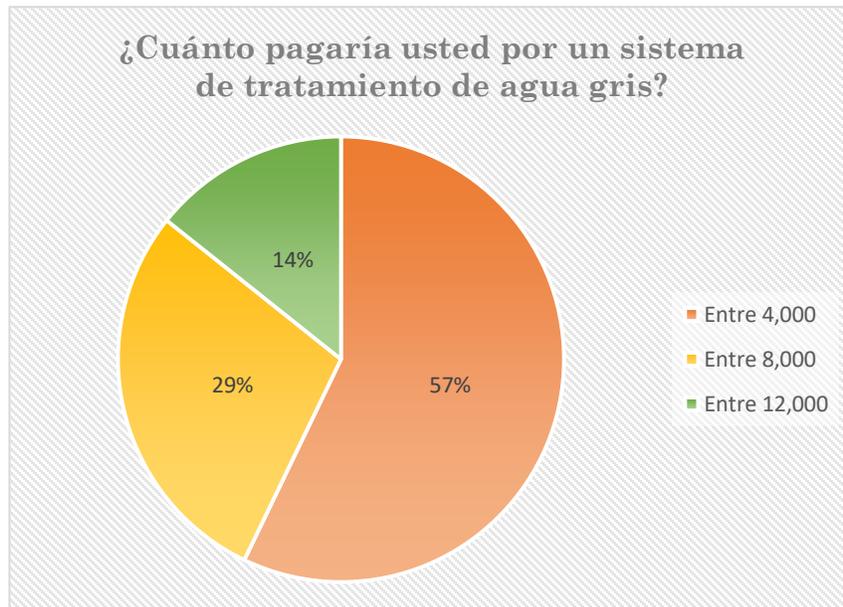


Figura 29. Pago por un sistema de tratamiento

Del 29% que manifiesta interés en la implementación del tren de tratamiento de agua gris se suman un 28% de miembros que desea reducir costos de su consumo de agua, haciendo un total de 57% (Figuras 28 y 29) miembros de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” interesados por la reutilización del agua gris doméstica.

Los resultados obtenidos de la encuesta permitieron enfocar los talleres, capacitaciones y pláticas en el proceso de concientizar a la Cooperativa “El Porvenir”; las cuales se impartieron en el hogar de la socia con mayor participación. Para el proceso de concientización sobre el recurso hídrico se consideraron las experiencias y conocimientos previos sobre el tema.

Castillo (2013), en su investigación con la población adulta del municipio de Naolinco, menciona que el objetivo principal no es convencer a las personas sobre las acciones que deben seguir para la solución de su problema, más bien se debe trabajar en conjunto con los actores para poder descubrir, manejar y resolver sus problemas y necesidades, y transformar su realidad; de la misma manera es necesario que las

familias que conforman a la Cooperativa “El Porvenir” sean capaces de tener herramientas que les permita conocer y entender el problema con el recurso hídrico.

Para lograr una concientización y educación ambiental es necesario el trabajo de campo, los actores necesitan contar con el acompañamiento, la capacitación y el conocimiento sobre la escasez del recurso hídrico, debido a que esto se produce por diferentes factores, los cuales generan la irregularidad en el servicio del agua potable y alcantarillado.

Es importante una interacción con la Cooperativa “El Porvenir” ya que de acuerdo con Lawrence (2008), la interacción se debe realizar a través de sus vivencias, esto para poder comprender su situación ambiental actual y establecer un desarrollo basado en un proceso de dialogo con los mismos. Este tipo de trabajo en conjunto debe ser de forma horizontal entre el investigador y los actores involucrados.

5.1.3 Acercamientos con las familias de la Sociedad Cooperativa “El Porvenir”

5.1.3.1 Primer taller participativo y trabajo de campo con las familias.

El tema principal del primer taller es visibilizar los problemas asociados con el recurso hídrico, se realizó un mapa de la comunidad y una carta descriptiva del taller (Anexo 3).

El mapa de la comunidad (Figura 30) permitió que los miembros de la Cooperativa “El Porvenir” apreciaran algunas de las razones por las cuales la distribución del recurso hídrico en el municipio de Cuautlancingo se ve afectado, ya que se encuentran nuevos fraccionamientos y parques industriales que se localizan en el municipio.

De acuerdo con Voces por El Agua (2019), el mapeo colectivo es utilizado como herramienta para reflexionar sobre la exploración, planificación y transformación del recurso hídrico, esta herramienta posibilita el conocimiento de la Cooperativa “El

Porvenir” a partir de la participación comunitaria, es importante crear conocimiento mediante los instrumentos técnicos y vivencias.

Sin embargo, esta herramienta no sólo permite la exploración, planificación y transformación del recurso hídrico, también permite apreciar el problema con la contaminación del recurso hídrico; otra de las cosas que permite esta herramienta es la ubicación de las casas de los miembros de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” (Figura 31), haciendo que los miembros puedan relacionar las fuentes principales de agua, las causas de la contaminación del recurso hídrico, el crecimiento urbano-industrial y como estos factores generan una problemas de abastecimiento en el municipio de Cuautlancingo.

De esta manera el mapeo comunitario invita a los miembros de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” a reflexionar sobre el uso del recurso hídrico de forma individual y comunitario, lo importante de esta herramienta es que se basa en los saberes, haceres de los miembros de la Cooperativa “El Porvenir”. Es necesario promover un espacio de dialogo con los miembros en torno a la problemática del recurso hídrico (Voces por El Agua, 2019).

actividades en las que las familias emplean mayor cantidad del recurso hídrico al interior de sus hogares, durante la mañana, mediodía, tarde y noche (Cuadro 15).

Los miembros de la Cooperativa “El Porvenir”, mencionaron algunas de las actividades que realizaba a lo largo del día, posteriormente se realizó una reflexión con todos los miembros para saber cuántas de las actividades anteriormente mencionadas emplean el recurso hídrico.

Otra de las reflexiones que se mencionaron en la plática con los miembros es como eran los ciclos del recurso hídrico y como han cambiado; de acuerdo con los miembros los aspectos que afectan el ciclo del recurso son: el cambio climático, la contaminación provocada por las industrias cercanas, el aumento en los fraccionamientos en el municipio, entre otros.

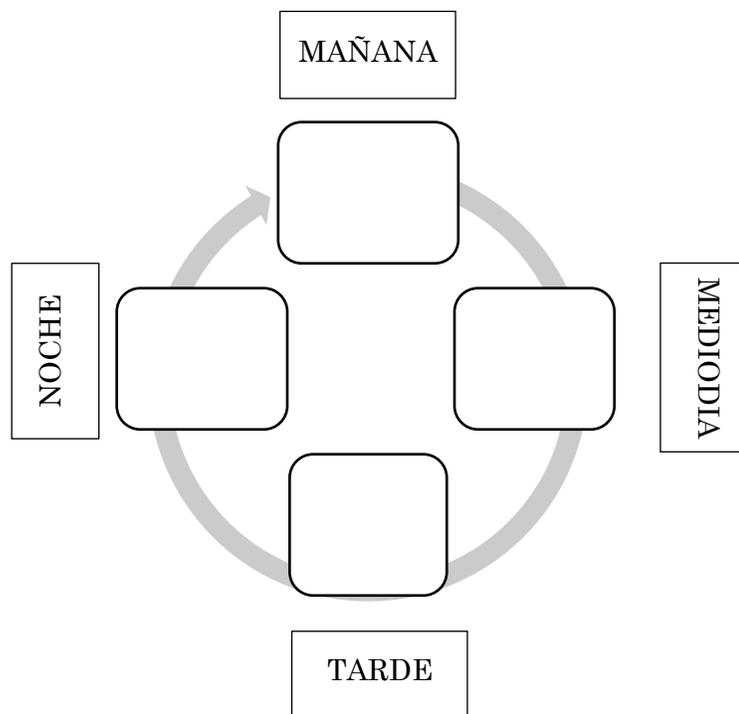


Figura 32. Ciclo del agua

Cuadro 15. Cuadro del uso del agua al interior de sus hogares, durante la mañana, mediodía, tarde y noche.

Usos del agua en los hogares de la Sociedad Cooperativa de productores orgánicos “El porvenir”
Animales
Alimentos
Aseo personal
Lavado de trastes
Lavado de ropa
Riego de plantas
Para cultivo
Inodoro

Fuente: Elaboración propia

En la Cuadro 15 podemos apreciar las 8 actividades principales en las que emplean el recurso hídrico los miembros de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, de las cuales 5 actividades son las que producen agua gris.

5.1.3.2 Segundo taller participativo y trabajo de campo con las familias.

El segundo taller con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, le permitió al 71% (Figura 26) conocer diferentes tecnologías amigables con el medio ambiente.

La tecnología es importante porque a través de ella es posible no solo la producción de alimentos y la construcción de viviendas, sino que permite el aprovechamiento del agua y la energía, del mismo modo permite realizar un manejo de los residuos. La tecnología se puede enfocar en satisfacer las necesidades que los actores consideren como prioritarias (Cerutti y Moreno, 2014).

Uno de los principios de la teoría de concientización de Feire, está relacionado con el establecimiento de relaciones, las cuales permitan sensibilizar a los actores acerca del medio ambiente y la adquisición de conocimientos básicos del tema de interés

(Lawrence, 2008). De esta manera es posible que los miembros de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” conozcan las ventajas y desventajas de las tecnologías sustentables o Ecotecnologías. Ayudando al saneamiento hidráulico, este saneamiento del recurso hídrico puede ser a través de diversas ecotecnologías.

Los talleres sobre las tecnologías sustentables impartidos con los miembros de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, se encuentran descritos en la carta descriptiva del Anexo 4.

La información recabada mostró la situación que desean las personas para su hogar y para su comunidad Cuadro 16. El componente metodológico del PESA incluye la promoción humana y social para motivar a las personas; y poder lograr un cambio en su vida (Zapata et al., 2016).

La promoción según el PESA se define como: la acción de motivar, facilitar y acompañar a las personas y sus comunidades, esto con la finalidad de que puedan transformar su realidad humana y social con el fin de lograr mejores condiciones de vida en forma sustentable, con conciencia crítica y en armonía con el entorno natural (Zapata et al., 2016).

Cuadro 16. Situación actual y deseada del tratamiento de agua gris en los hogares de los Productores Orgánicos “El Porvenir”.

Situación actual	Situación deseada
Escasez de agua	Disponibilidad de agua
Comprar pipas	Gastar menos agua
Condiciones climáticas	Disminución de temperatura
Instruir a la población para la captación de agua de lluvia	Baño secos
	Biofiltros instalado y funcionando

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se identifica la situación deseada, es necesario que los miembros de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” identifiquen y propongan acciones (Cuadro 17) que pueden hacer por ellos mismos, con capacitación y con apoyo externo. De esta manera se facilitará el proceso para la implementación de un tren de tratamiento para agua gris doméstica.

Cuadro 17. Acciones propuestas por la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”

Tipo de acción	Acciones propuestas
Las que podemos hacer por nosotros mismos	<ul style="list-style-type: none"> • Reciclar el agua • Captar el agua de lluvia • No usar cloro, no usar desodorante para no generar contaminantes • Guardar el agua del lavadero para los árboles frutales • Reciclar el agua para el baño
Las que podemos hacer con capacitación	<ul style="list-style-type: none"> • Captación de agua de lluvia • Tener conocimientos para poner en marcha las ecotecnologías • Realizar estructuras bajo supervisión profesional para un mejor funcionamiento y aprovechamiento • Biofiltros • Recolección de agua
Para la que se necesita inversión externa	<ul style="list-style-type: none"> • Hacer programas para el cuidado del agua • Para hacer consiente a la sociedad de que el agua es un líquido vital para los seres vivos y la humanidad • Inversión para la construcción de cisternas de ferrocemento • Programas de limpieza del río y multas para las industrias que no traten el agua • Baños secos

Fuente: Elaboración propia

Una vez concluida las dos primeras fases se realizó un filtro lento de arena (Figura 33), la presidenta de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” hizo la cordial invitación a la Regiduría de Agricultura y Ganadería y la Coordinadora del DIF a participar con el grupo en la elaboración de un filtro lento de arena y poder dar a conocer las actividades y talleres que se realizarían Anexo 1.



A



B

Figura 33. Elaboración de un filtro de arena. A corte de botellas de plástico y B llenado de las capas.

Se tuvo la oportunidad de trabajar con la gente en un taller demostrativo, teórico y práctico de un filtro lento de arena, el principal objetivo de su elaboración es su funcionamiento ya que es similar a un biofiltro. Este taller permitió que la gente de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” tuvieran más conocimientos y se mostraran más abiertos sobre la implementación de un filtro ecológico para el tratamiento de aguas grises domésticas utilizando flores de ornato.

5.1.3.3 Tercer taller participativo y trabajo de campo con las familias.

El último bloque de talleres participativos se basó en el diseño, la construcción, armado y puesta en marcha de un prototipo. Si bien un 29 % deseaban la instalación del tren de tratamiento aún se mostraban escépticos sobre el funcionamiento, su construcción y su puesta en marcha.

Es importante que las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” permitan el desarrollo de los talleres, pláticas y capacitaciones ya que el intercambio de conocimientos y saberes fortalece la puesta en marcha e implementación del tren de tratamiento.

De acuerdo con las etapas de proceso según el PESA los actores deben recibir capacitación con el objetivo de organizarse, para llevar a cabo la instalación, diseño y construcción (Zapata et al., 2016).

Dependiendo del interés y las posibilidades de la familia es posible llevar acciones de construcción e implementación del tren de tratamiento (Figura 34). Esta puesta en marcha se ve afectada por el poder y el querer de las familias.

De acuerdo con las definiciones que brinda el PESA, es clave el involucramiento y la participación de las familias, que se fundamenta en el querer y poder (Zapata et al., 2016).

- **Querer:** se entiende como el deseo de que la gente quiera cambiar. Es trabajo del investigador para lograr impulsar el “querer hacer” con las personas, a través de emprender acciones y motivar a la participación para alcanzar su objetivo.
- **Poder:** relacionado a que la gente pueda hacer las acciones necesarias para lograr sus objetivos. Para ello, las familias, grupos y comunidades participantes logran disponer de los recursos ya sean propios o de fuentes externas, para concretar



Figura 34. Formas de interacción del querer y el poder de las personas.

Para concluir el taller de las ecotecnologías se realizó una mesa redonda, con la finalidad de que cada miembro de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” pudieran expresar sus conocimientos adquiridos en los talleres previos y sus saberes sobre el tema del recurso hídrico y su tratamiento.

Esta mesa redonda permitió que una de los miembros les compartiera a sus compañeros sus conocimientos previos acerca del tema, ella comenta que ya había tenido una experiencia con la implementación, construcción y puesta en marcha de un humedal. Les comentó a sus compañeros que ella estuvo en las pláticas impartidas sobre los humedales artificiales, menciona también que el grupo no profundizó en el armado solo les comentaron para que servían, posterior a ello se realizó la excavación, la colocación de la biomembrana, una vez colocada la biomembrana se pusieron los sustratos, se terminó la construcción del humedal con la colocación de la vegetación, ella menciona que se ocuparon juncos para el tratamiento del agua residual.

Lo más relevante de esta experiencia es que les comenta a los miembros, que para la construcción de ese humedal se necesitó de una superficie grande, esto porque menciona que trata el agua de un grupo de personas de una comunidad, y aunque este humedal sigue funcionando no todos los que fueron a las pláticas se vieron beneficiados con la puesta en marcha.

Las conclusiones y las reflexiones de la mesa redonda fueron:

- El interés por la implementación aumentó en los miembros de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” ya que el 57% de los miembros mencionó que le gustaría tener un tren de tratamiento de agua gris doméstica.
- Los miembros de la Cooperativa “El Porvenir” elaboraron el diseño solo del biofiltro (Figura 35).

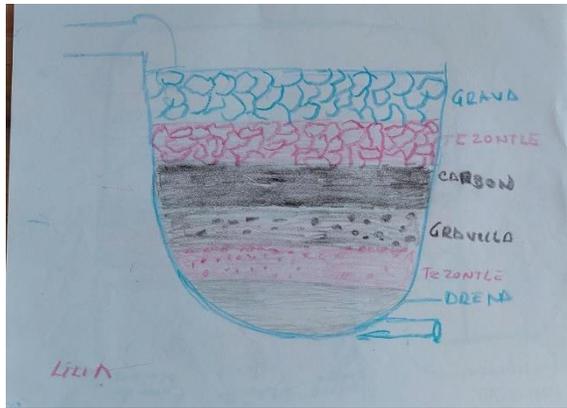
Castillo (2015), señala que un taller sirve para aprenden a través de sus experiencias y conocimientos previos, este taller está conformado por un grupo de participantes junto con un facilitador

De acuerdo con Buendía citado por Castillo (2013), menciona la importancia de las capacitaciones, considerando el proceso por el cual cada participante debe ser consciente y protagonista de su propio aprendizaje y la construcción colectiva de estrategias y herramientas para la acción y la toma de decisiones.

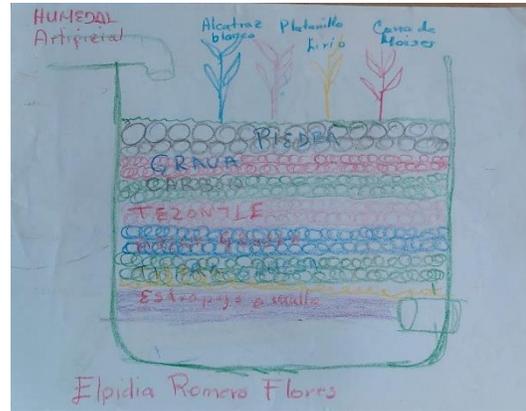
Por lo tanto, la finalidad de las pláticas, talleres y capacitaciones brindadas a las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, fue lograr la participación activa de los miembros en el manejo de producción de agua gris doméstica, la cual debe ser capaz de satisfacer las necesidades para el riego de sus árboles frutales, poder darle un uso en el lavado de sus pisos y el sanitario.

La evaluación de cada taller es importante ya que permite su modificación y permite adaptarse a las características e intereses de las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”.

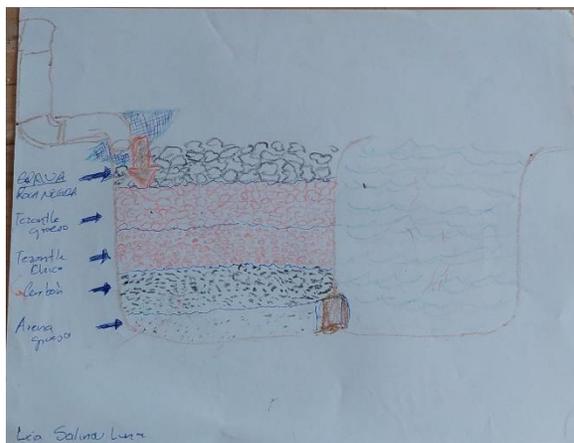
Roy y González citados por Catillo (2015), mencionan la importancia de la evaluación de los talleres es una acción que permite recabar información cualitativa y cuantitativa, ya que se incluye en todo el proceso de capacitaciones. Evaluar los talleres permite que el grupo objetivo pueda expandir sus conocimientos, mientras se modifican los talleres y así puedan valorar sus resultados. Al concluir los talleres se llevó a cabo del diseño en conjunto, permitiendo la mejora del tren de tratamiento de agua gris doméstica.



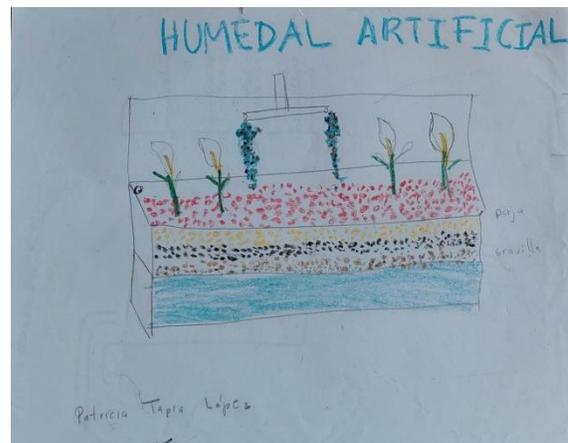
A



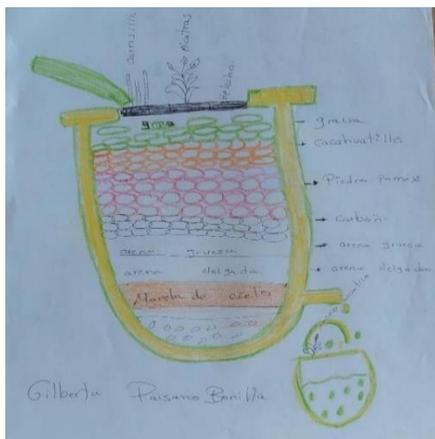
B



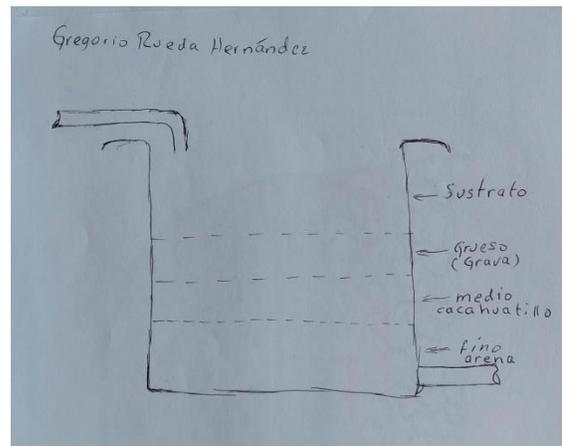
C



D



E



F

Figura 35. Diseños de las personas de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” de un tren de tratamiento. A participante 1, B participante 2, C participante 3, D participante 4, E participante 5, F participante

5.2 Etapa II: Diseño e implementación del FITOECOFIL

En este capítulo se presenta el diseño de un tren de tratamiento FITOECOFIL, siguiendo el modelo propuesto por la Sra. Lucía Salinas Luna.

5.2.1 Instalación del tren de tratamiento con la familia Salinas

La Sra. Lucía Salinas Luna cuenta con un traspatio en su hogar, el cual tiene una superficie de 195 m²; en este espacio cuenta con el cultivo de árboles frutales, gallineros, también tiene camas bio-intensivas con plantas aromáticas, medicinales y hortalizas, esta área es de 80 m², un sistema acuapónico en un espacio de 13.2 m², aún cuenta con espacio para la construcción del tren de tratamiento para el agua gris doméstica.

La Sra. Lucía ha colaborado con el Colegio de Postgraduados Campus Puebla, en el proyecto de traspacios integrales, es la presidenta de la Cooperativa “El Porvenir”. Esta Cooperativa es una granja donde varios productores trabajan en conjunto y se ven beneficiados con las actividades realizadas en equipo.

La presidenta de la Cooperativa “El Porvenir” tiene más de 5 años con su traspatio, es una persona entusiasta, amable, con ganas de aprender sobre el cuidado del medio ambiente, busca crear redes de contacto que le permita la comercialización de sus productos.

La Sra. Lucía junto con los demás miembros de la Sociedad Cooperativa comentan que la falta de lluvia en temporadas de abril a junio es a causa de los cañones antigranizo de la planta armadora de autos, comentan que este aparato dispara a las nubes y esto provoca escasez de agua, también se encuentra frente a su hogar un negocio de pipas de agua.

Por estas razones ella considera que el agua potable con la que cuenta es insuficiente para el riego de sus árboles frutales y la siembra de hortalizas, ya que utiliza 1,500 litros al día para dichas actividades.

Por este motivo decide construir e instalar el tren de tratamiento para tratar el agua gris (lavado de alimentos, lavado de ropa y trastes), de esta manera ella puede reutilizar en el inodoro, lavado del piso y en el baño.

5.2.2 Cálculo y dimensionamiento

Para obtener las dimensiones fue necesario tener pláticas con la familia de la Sra. Lucía, con la finalidad de tomar en cuenta sus necesidades, el espacio disponible, y el diseño que ella quería.

Para el primer diseño (Anexo 6) fue necesario conocer el volumen de agua que generaba la familia por semana (400 L), basándonos en este dato fue necesario generar ideas en conjunto con la Sra. Lucía, su primera idea fue tener un filtro ovalado ya que le gustaba la forma.

Sin embargo, su esposo comentaba que la instalación sería complicada porque era el paso de su casa al traspatio y se romperían los tubos, por esta razón fue necesaria otra reunión con ambos para buscar otro espacio para la colocación del tren de tratamiento FITOECOFIL.

El espacio brindado por la familia (Figura 36), se localiza al lado del sistema acuapónico, tomando una parte del tanque de los peces, de esta manera no existe riesgo de romper la tubería y es más fácil la conexión con el lavadero.



Figura 36. Área para la instalación del tren de tratamiento FITOECOFIL

Para realizar el dimensionamiento del tren de tratamiento FITOECOFIL fue necesario calcular la capacidad de la trampa de grasa, el biofiltro y el tanque del almacenamiento basándose en el volumen de agua producida por semana de la familia.

El espacio del terreno brindado por la familia es de 2.50 m de largo, 1 m de ancho y 0.30 m de altura.

5.2.2.1 Cálculos del primer tanque (trampa de grasa)

$$V = a^3$$

$$a = \frac{0.4 \text{ m}^3}{1\text{m} \times 30\text{m}}$$

$$a = 1.33 \text{ m}$$

Para la trampa de grasa y para el biofiltro se tienen las mismas medidas, que se busca tener un volumen de 400 L, esto porque el consumo de las personas es de 350 L pero de acuerdo con la solicitud de la familia se agregaron 50 L más de capacidad a los tanques.

5.2.2.2 Cálculos del almacenamiento

$$a = \frac{0.4m^3}{1.30m \times 0.475m}$$

$$a = 0.647m$$

Tomando en cuenta estos cálculos, se realizó el diseño con el programa Autocad (Figuras 37, 38, 39, 40), el objetivo de hacerlo en el programa fue para que la familia pudiera tener una idea más clara de la construcción, y si no les parecía se pudiera modificar ajustándose a sus necesidades.

La Sra. Lucía tenía inquietud por saber no solo el tamaño del tren de tratamiento, ella tenía la inquietud de saber por qué serían tres tanques y cuál era el funcionamiento de los mismos. De modo que fue necesario detallar el funcionamiento de los mismos.

5.2.3 Datos del diseño

Luna-Pabello y Castañeda (2014), mencionan que, para realizar un diseño adecuado de un biofiltro, se necesita conocer, aspectos relacionados con la problemática como el origen, calidad y volumen del agua a tratar; destino, volumen y calidad de agua que se desea producir; espacio disponible; características del terreno (topografía, tipo de suelo, etc.).

Del mismo modo, para la implementación de un biofiltro se deben considerar las siguientes etapas: Diseño, Construcción, Arranque y Operación (Luna-Pabello et al., 2014).

4.2.3.1 Primer tanque (trampa de grasa)

La trampa de grasa es un dispositivo que se fabrica para la separación de residuos sólidos y grasas que proceden del lavadero, en este caso se añadió la trampa para disminuir la carga de los residuos sólidos procedentes de la cocía (primera cámara), entre la primera y segunda cámara se quedarán los jabones, debido a que se

precipitan y se quedan los sedimentos, por último, en la tercera cámara pasará el agua gris con menos sedimentos (Figuras 37, 38 y 39).

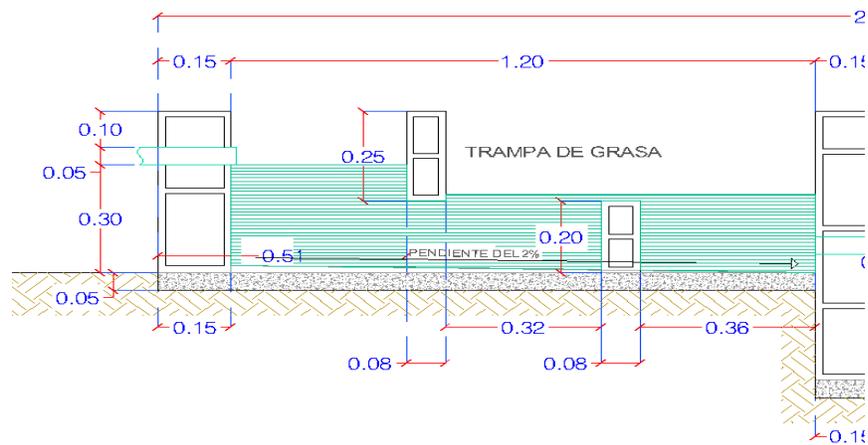


Figura 37. Trampa de grasa corte X-X con medidas



Figura 38. Trampa de grasa construcción

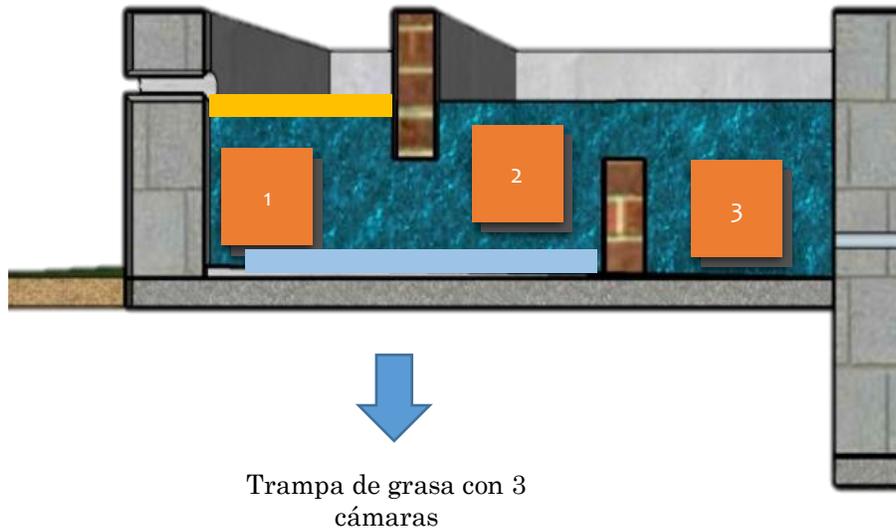


Figura 39. Trampa de grasa (3 cámaras)

4.2.3.2 Segundo tanque (biofiltro)

El biofiltro o humedal artificial es una ecotecnología que, mediante procesos de biotransformación y mineralización, permite reducir la concentración de carbono, nitrógeno y fósforo. Esto es posible por sus componentes, como los sustratos y la vegetación terrestre, los microorganismos (Luna-Pabello et al., 2014).

Su principal funcionamiento es a través de la interacción de la actividad bioquímica de los microorganismos, el oxígeno proveniente de las plantas de ornato, el sustrato que le da soporte a los microorganismos, permitiendo que la eliminación de materiales disueltos y suspendidos en el agua gris doméstica y biodegradar los materiales orgánicos (Figura 40).

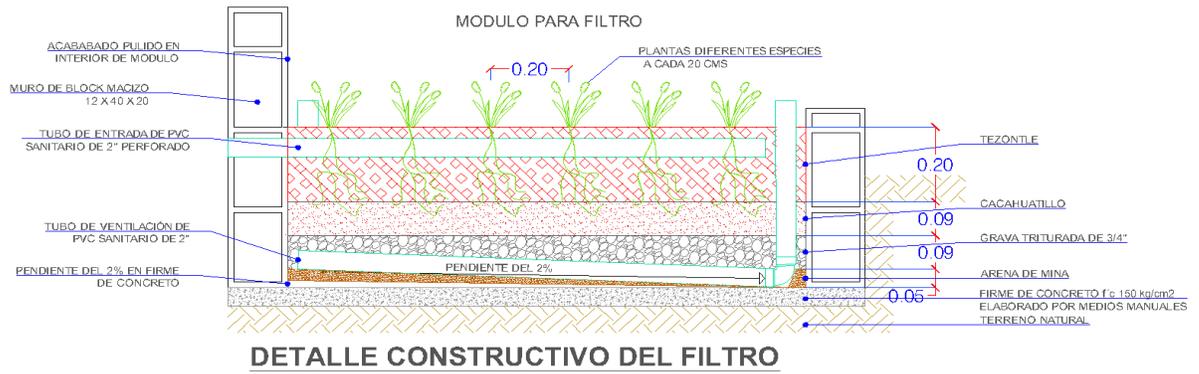


Figura 40. Detalles del FITOECOFIL



A



B



C



D

Figura 41. Armado del FITOECOFIL con la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”. A capa de sustrato cacahuatillo, B capa de sustrato grava, C capa de tezontle y D plantas.

El diseño del FITOECOFIL (Figura 41 y Anexo 6), permite generar una estética agradable en el hogar de la Sra. Lucía Salinas Luna y proporciona condiciones para la eliminación de vectores, y también puede proveer un hábitat para diversos tipos de organismos.

4.2.3.3 Tercer tanque (almacenamiento)

El tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 400 L, el agua tratada es recolectada en este tanque para después ser utilizada en actividades que no requieran agua potable (Figura 42).

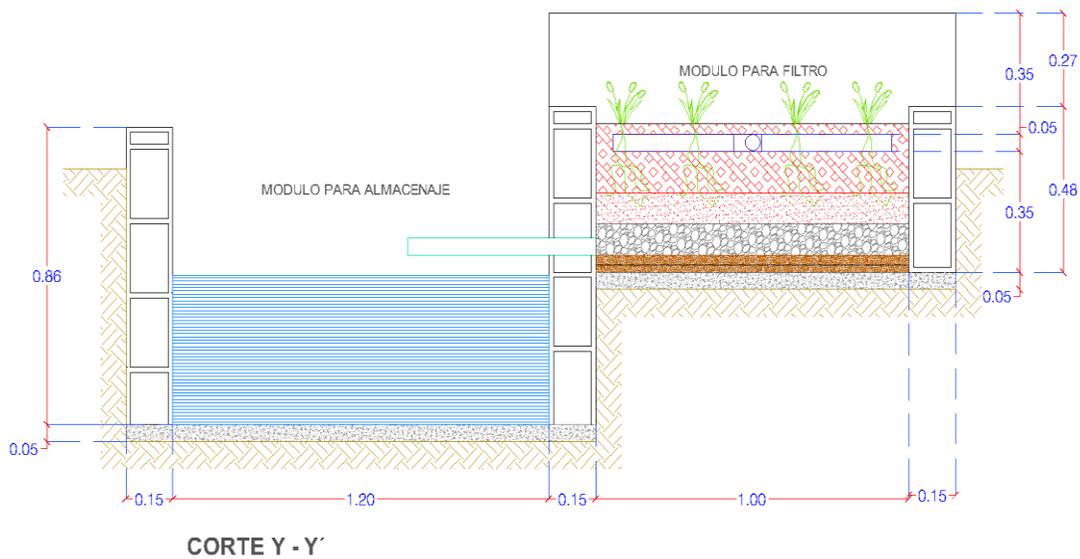


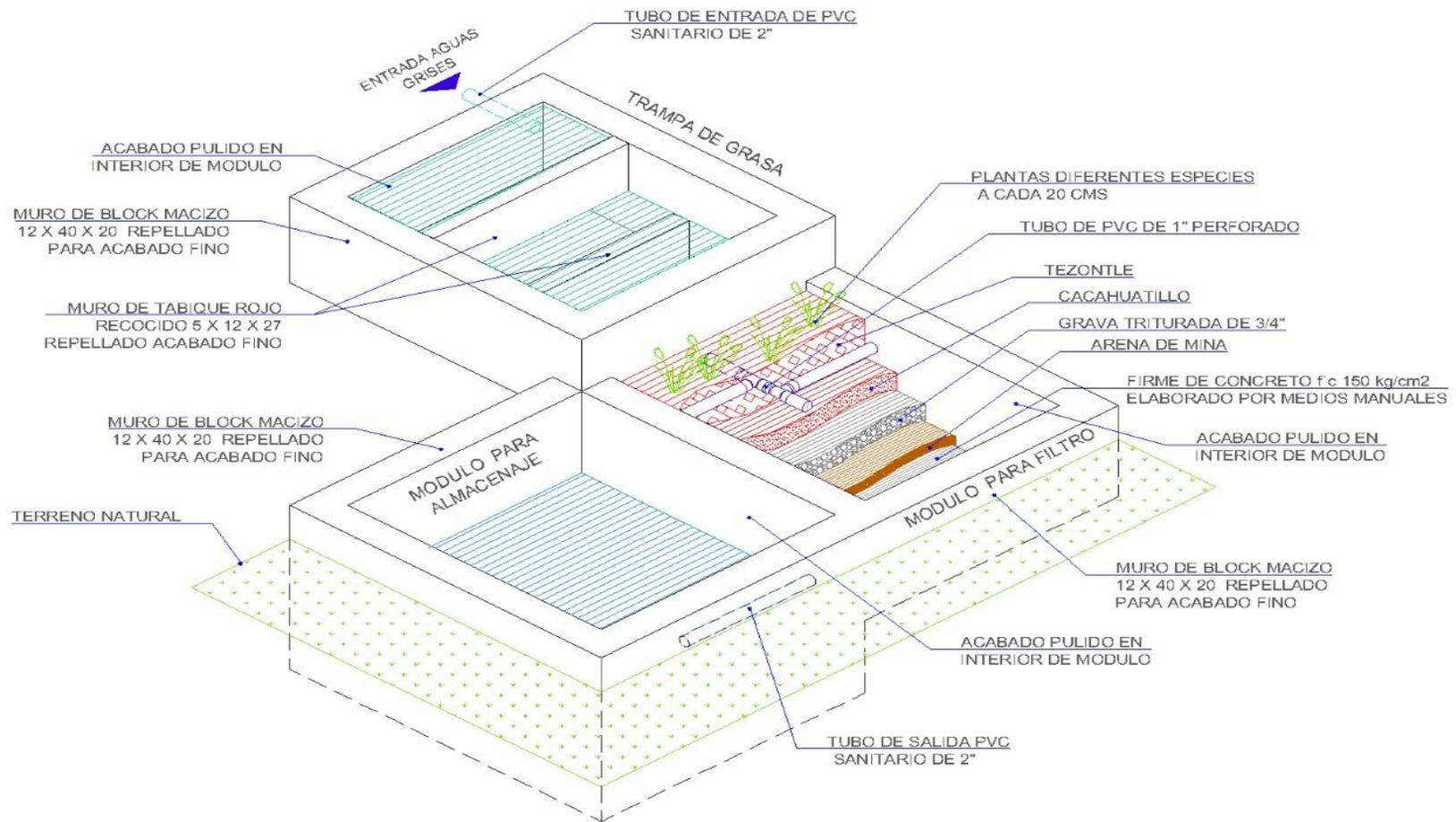
Figura 42. Tanque de almacenamiento del FITOECOFIL

5.2.4 Vegetación

Se utilizaron agapantos, lirios persa y cuna de moisés ya que son plantas ornamentales y existen estudios sobre estas plantas ornamentales para la limpieza de agua gris. Una razón de la selección es que se adecuan al diseño del tren de tratamiento FITOECOFIL, es debido a su tolerancia a medios semi-acuáticos y tienen sistemas extensos de raíz.



Figura 43. Vegetación FITOECOFIL



ISOMETRICO DE MODULO FITOECOFIL

Figura 44. Tren de tratamiento FITOECOFIL

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

- ❖ El trabajo en campo con las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir” influye de manera positiva en el desarrollo de la concientización debido a que se incluyeron actividades que dan información mediante un proceso de aprendizaje a partir de sus experiencias, las cuales están relacionadas con el cuidado del medio ambiente; haciendo que éstas se mantengan en contacto con el medio ambiente, esto les permite hacer observaciones de su entorno sin generar ideas erróneas de la realidad.
- ❖ El diseño personalizado del tren de tratamiento FITOECOFIL debe dar una solución a cada familia de acuerdo a su espacio y costo, considerando siempre la facilidad de operación.
- ❖ Los talleres participativos, las actividades y las capacitaciones sobre las ecotecnologías, influye en el mejoramiento de la conciencia ambiental de las familias de la Sociedad Cooperativa de Productores Orgánicos “El Porvenir”, demostrado por el interés en la implementación de un tren de tratamiento FITOECOFIL en sus hogares y por consiguiente adoptar algún sistema de tratamiento de aguas grises doméstico con sus propios recursos y los conocimientos adquiridos en los talleres participativos.

Recomendaciones:

- Es necesario generar conocimiento sobre el tratamiento del agua gris doméstica (qué son, como se tratan y en que se pueden emplear), porque este conocimiento ayudara a su buen manejo y disposición, además brinda información para la toma de decisiones sobre la implementación de una ecotecnología.
- Si bien en México existen programas, talleres, capacitaciones para el cuidado del agua no todas se encuentran enfocadas en el tratamiento y la reutilización del agua gris doméstica, por lo que es necesario realizar investigaciones sobre

la relación de la sociedad-ambiente-tecnología, con la finalidad de buscar un desarrollo sostenible pueda satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones a través de integrar a la sociedad.

CAPÍTULO VII. LITERATURA CITADA

- Acuña, P. (2022). *La crisis hídrica, señal para la transformación*. Obtenido de Perspectivas IMTA: <https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2022-01>
- Agrotendencia. (4 de abril de 21). *Agrotendencia*. Obtenido de Cultivo de trucha: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-trucha/>
- Agua. (2018). *Cuéntame de México*. Obtenido de Inegi.org.mx: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/usos.aspx?tema=T>
- Agua. (2022). *Conagua y el Gobierno de Puebla*. Obtenido de comprometidos para analizar y solucionar los problemas hidrológicos del estado.: <https://www.gob.mx/conagua/prensa/conagua-y-el-gobierno-de-puebla-comprometidos-para-analizar-y-solucionar-los-problemas-hidrologicos-del-estado>
- Agua, C. N. (2017). *Estadísticas del Agua en México*. México: Coordinación General de Comunicación y Cultura del Agua Coordinación General de Comunicación y Cultura del Agua.
- Agua. (2018). *Cuéntame de México*. . Obtenido de Inegi.org.mx.: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/usos.aspx?tema=T#:~:text=Industria%20autoabastecida.,lagos%20y%20acu%C3%ADferos%20del%20pa%C3%ADs.>
- Alejandra, A. (25 de enero de 2021). *Nace una iniciativa para cuantificar el daño de la covid-19 a las mujeres*. Obtenido de Nace una iniciativa para cuantificar el daño de la covid-19 a las mujeres: <https://elpais.com/planeta-futuro/2021-01-25/nace-una-iniciativa-para-cuantificar-el-enorme-dano-de-la-covid-19-a-las-mujeres.html>
- Ali Beryani, A. G.-R.-T. (2021). Survey of the operational status of twenty-six urban stormwater biofilter facilities in Sweden. *Journal of Environmental Management* 297, 1-13.
- Andrea, K. (2019). *Promueve SEP educación sostenible para mejorar el medio ambiente en municipios*. Obtenido de Puebla.gob.mx.: <https://sep.puebla.gob.mx/index.php/comunicados/promueve-sep-educacion-sostenible-para-mejorar-el-medio-ambiente-en-municipios>
- Andrés P, R. R. (2008). Recursos naturales: aprovechamiento sustentable de recursos terrestres y acuáticos. En T. C. MacBeath, *Evaluación y prenecon de riesgos ambientales en centroamérica* (págs. 185-205). España: Documenta Universitaria.

- Angélica Evelin Delgadillo López, C. A.-S. (2011). PHYTOREMEDIATION: AN ALTERNATIVE TO ELIMINATE POLLUTION. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 597-612.
- Anzures, Y. L. (12 de 09 de 2019). *La Jornada de Oriente*. Obtenido de La Jornada de Oriente: <https://www.lajornadadeoriente.com.mx/puebla/plantas-tratadoras-ceaspue/>
- Apreza, I. C. (2016). *PROMOCIÓN DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES ENTRE MUJERES Y HOMBRES*. Chiapas: UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS .
- Arévalo, L. E. (2013). La organización empresarial como sistema adaptativo complejo. *LuzEsperanzaBohórquezArévalo*, 258-265.
- Ávila, P. Z. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa. Bogotá - Colombia*, 423.
- Beatriz, A. (2017). *Contaminantes orgánicos persistentes en traspatios de Cuautlancingo y Tepenene, Puebla en el marco del convenio de Estocolmo*. Obtenido de Buap.mx.: <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12371/608>
- Bill Mollison, D. H. (s.f). Permacultura. *Santiago Medio Ambiente*, 1-9.
- Carlos Severiche-Sierra, E. G.-B.-M. (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 266 – 281.
- Castillo Villanueva Lourde, V. T. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socio- ecológicos y resiliencia. *Universidad Autónoma del Estado de México*, 11-32.
- CASTRO, J. D. (2011). ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA LA PRODUCCIÓN INTENSIVA DE TRUCHAS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE PACCHA, EL TAMBO - HUANCAYO. *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD DE ZOOTECNIA*, 94.
- Ciudadano, C. (17 de Abril de 2020). Obtenido de NO ESTÁS SOLA. DENUNCIA VIOLENCIA EN LA LÍNEA MUJER Y FAMILIA O EN EL CHAT DE CONFIANZA:
<https://consejociudadanomx.org/index.php/es/noticias/boletines/no-estas-sola>
- Cristina Berechet, M. A. (206). El Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación en Navarra. *Cámara*, 1-163.
- Cuautlancingo: Economía, e. e. (2020). *Data México*. Obtenido de Data México.: [https://datamexico.org/es/profile/geo/cuautlancingo#:~:text=En%202020%2C%](https://datamexico.org/es/profile/geo/cuautlancingo#:~:text=En%202020%2C%20)

20Cuautlancingo%20registra%202,n%C3%BAmero%20de%20empresas%20n
o%20informado).

Dávila, I. (29 de 03 de 2021). *La Jornada*. Obtenido de La Jornada:
[https://www.jornada.com.mx/notas/2021/03/29/politica/grandes-zonas-
metropolitanas-sufren-por-sequia-y-escasez/](https://www.jornada.com.mx/notas/2021/03/29/politica/grandes-zonas-metropolitanas-sufren-por-sequia-y-escasez/)

Delgado, J. O. (s.f.). Neoliberalismo y capitalismo académico. 119.

Diana Carolina Montero-Medina, M. O.-G.-E.-E. (2020). VIOLENCIA
INTRAFAMILIAR EN EL MARCO DE LA EMERGENCIA SANITARIA POR
EL COVID-19. *CienciAmérica*, 7.

Effective water/wastewater treatment methodologies for toxic pollutants removal:
Processes and applications towards sustainable development. (2021).
Chemosphere, 1-15.

Elva Itzel Ramos Cruz, J. A. (2018). PROGRAMAS DE APOYO
ASISTENCIALISTAS, SU EFECTO CONTRADICTORIO EN LA SOCIEDAD.
UAMCEH Universidad Autónoma de Tamaulipas, 151-177.

EPA. (2000). Introduction to Phytoremediation. *National Risk Management Research
Laboratory Office of Research and Development*, 72.

Esteban Martínez Dajui, I. C. (2013). *Finanzas comunitarias Metodología para la
formación de grupos de ahorro y préstamo comunitario en el medio rural*.
México-Puebla: Altres Costa-Amic editores.

Eva, P. d. (2004). Hacia una conciencia ambiental . *Educere*, 34-40.

Federación, D. O. (2020). *Dof.gob.mx*. Obtenido de
[https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020
#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020#gsc.tab=0)

Francisco José Zamudio Sánchez, M. d. (2013). Mujeres y hombres.Desigualdades de
género en el contexto mexicano. *Universidad Autónoma Chapingo*, 251-279.

Freire, P. (22 de 07 de 2012). *losario de términos de la pedagogía del oprimido. .*
Obtenido de Issuu. :
https://issuu.com/cenzontlatolli/docs/paulo_freire._glosario_de_t_rminos/11

Gallegos, J. (7 de Agosto de 2018). Pozos irregulares dejan sin agua a San Lorenzo
Almecatla, acusan. *El Sol de Puebla.*, pág. 1.

Gallopín, G. (s.f.). *MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO*. Obtenido de Sostenibilidad
y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico C E P R L.:
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es%20.pdf
?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico*. Santiago de Chile: CEPAL.
- geoestadística, C. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Cuautlancingo, Puebla. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, 1-8.
- Gutiérrez, C. G. (s.f). EL DESARROLLO SOSTENIBLE: CONCEPTOS BÁSICOS, ALCANCE Y CRITERIOS PARA SU EVALUACIÓN. 91-110.
- Hernández Leal, G. Z. (2007). Characterisation and biological treatment of greywater. *Water Sci Technol*, 193-200.
- Holmgren, D. (2007). La esencia de la permacultura. *Holmgren Desig Services*, 1-14.
- Humberto Ñaupas Paitán, E. M. (2014). La investigación multimetódica o mixta. En e. Humberto Ñaupas Paitán, *Metodología de la investigación* (págs. 1-537). Perú: Ediciones la U.
- iberdrola. (2021). *PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES*. Obtenido de Los grandes problemas medioambientales a nivel mundial a resolver para 2030: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/problemas-medioambientales-mas-importantes>
- Iñiguez, A. A. (2020). Género, vulnerabilidad y educación en países iberoamericanos. Un análisis desde la interculturalidad crítica. *RUMBOS TS*, 117.
- Isabel Ruiz-Pérez, G. P. (2020). Medidas de contención de la violencia de género durante la pandemiade COVID-19. *Elsevier España, S.L.U*, 16.
- Joaquín Suárez López, A. J. (2012). El reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural. *Researchgate*, 265-284.
- José Restrepo M, D. I. (2000). Actualización Profesional en Manejo de Recursos Naturales, Agricultura Sostenible y Pobreza Rural. *Universidad Nacional de Colombia y Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (FIDAR)*, 1-134.
- Kyklos. (29 de abril de 2019). *Cultura Ambiental*. Obtenido de ¿Sabes lo que es el deterioro ambiental?: <https://www.kyklos.cl/sabes-lo-que-es-el-deterioro-ambiental/>
- Landazábal, N. S. (2011). Investigación y desarrollo (i+d) en la productividad. *Dimens. empres*, 55-63.
- Latorre, A. (2005). investigación acción participativa . En A. Latorre, *La investigación-acción* (págs. 1-140). Barcelona: Graó, de IRIF, S.L.

- Laura Sarvide, M. R. (20016). *Estudio: Prácticas de Desarrollo de Base en México*. México: RedEAmérica.
- Llerena Lanza, R. A. (s.f.). Emergencia, gestión, vulnerabilidad y respuestas frente al impacto de la pandemia COVID-19 en el Perú. *Universidad Nacional de San Agustín*, 1-16.
- Luna-Pabello, V. M.-C. (2014). *Sistema de humedales artificiales para el control de la eutroficación del lago del Bosque de San Juan de Aragón*. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/s1405-888x\(14\)70318-3](https://doi.org/10.1016/s1405-888x(14)70318-3)
- Macuil, A. E. (2021). Disponibilidad de agua para usos domésticos: alternativas. En A. E. Macuil, *Tecnologías para la gestión sostenible del agua* (págs. 1-298). Ciudad de México: Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas.
- McMillan, J. & (s.f.). Obtenido de https://desfor.infed.edu.ar/sitio/upload/McMillan_J._H._Schumacher_S._2005._Investigacion_educativa_5_ed..pdf
- Metcalf and Eddy, I. (1991). *Wastewater engineering treatment, disposal and reuse*. Nueva York: Mc Graw Hill.
- Moran, M. (17 de 06 de 2020). *Agua y saneamiento*. Obtenido de Desarrollo Sostenible. Desarrollo Sostenible.: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Mundial, B. (23 de 08 de 2021). *Aumentar la reutilización del agua: por qué tiene sentido reciclar nuestras aguas residuales*. Obtenido de Blogs Del Banco Mundial: <https://blogs.worldbank.org/es/voces/aumentar-reutilizacion-del-agua-reciclar-aguas-residuales>
- Natalia De Marinis, R. A. (18 de Marzo de 2021). *CONSEJO MEXICANO DE CIENCIAS SOCIALES*. Obtenido de Violencias de Género: miradas diversas, resistencias múltiples: <https://www.comecso.com/publicaciones/violencias-de-genero-miradas-resistencias>
- News, B. (18 de 07 de 2022). *“A Monterrey le llegó el día cero”: La grave crisis de falta de agua en la segunda ciudad más poblada de México*. Obtenido de El Universal: <https://www.eluniversal.com.mx/estados/monterrey-le-llego-el-dia-cero-la-grave-crisis-de-falta-de-agua-en-la-segunda-ciudad-mas-poblada-de-mexico>
- O., L. C. (2003). Deterioro ambiental vs. *Boletín IIE*, 103-108.
- Oficial, P. (2020). LAS LEYES, DECRETOS Y DEMÁS DISPOSICIONES DE CARÁCTER OFICIAL SON. *Periódico Oficial del Estado de Puebla*, 1-22.

- Olaya Álvarez García, J. S. (2012). El concepto “desarrollo sostenible” en los libros de texto de la Educación Secundaria Obligatoria. *Investigacion Inovacion educativa i socioeducativa* , 1-21.
- Omaña, A. C. (13 de septiembre de 2018). *Cadena política*. Obtenido de El TOP 5 de los problemas ambientales de México: <https://cadenapolitica.com/2018/09/13/el-top-5-de-los-problemas-ambientales-de-mexico/>
- ONU. (20/04/21 de Abril de 2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- ONU, N. (25 de Marzo de 2021). *Noticias ONU*. Obtenido de Los pueblos indígenas latinoamericanos sufren cada vez más presiones pese a su papel crucial contra el cambio climático: <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490062>
- Puebla, B. U. (2017). *Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. (2017). Buap.mx*. Obtenido de En cinco años, municipios poblanos tendrán problemas con el abastecimiento de agua: <https://www.buap.mx/content/en-cinco-a%C3%B1os-municipios-poblanos-tendr%C3%A1n-problemas-con-el-abastecimiento-de-agua>
- PUEBLA., G. D. (2018). *Puebla.gob.mx*. Obtenido de SOSAPA : https://ojp.puebla.gob.mx/media/k2/attachments/Acuerdo_del_SOSAPA_de_Zacatlan_que_aprueba_las_Cuotas_Tasas_y_Tarifas_de_Agua_Potable_Alcantarillado_y_Saneamiento_a_partir_de_Enero_de_2018.pdf
- PUEBLA., G. D. (2022). *¿Sabes cuánta agua consumes?* Obtenido de Gob.mx.: <https://www.gob.mx/conanp/articulos/sabes-cuanta-agua-consumes>
- PUEBLA., G. D. (2022). *Puebla.gob.mx*. Obtenido de https://ventanilladigital.puebla.gob.mx/web/fichaAsunto.do?opcion=0&asas_i_de_asu=2405&ruta=/web/asuntosMasUsuales.do?opcion=0!periodo=0
- Roberto Aurelio Núñez López, Y. M. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Bioteología y biología molecular*, 69-82.
- Rodríguez P. de A.C., D. M. (2003). Acción Depuradora de Algunas Plantas Acuáticas sobre las Aguas Residuales, Internet; trabajo desarrollado en el Centro de Investigaciones Hidráulicas. *Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría*.
- Róger, M. C. (2002). Agroecología: atributos de sustentabilidad. *Revista de las Sedes Regionales*, 25-45.

- Rondán, F. Z. (2016). LA INVESTIGACIÓN - ACCIÓN PARTICIPATIVA Guía conceptual y metodológica del Instituto de Montaña. *Serie Manuales y Herramientas para la Adaptación*, 1-58.
- Rubí Martínez Rangel, E. S. (2012). El Consenso de Washington: la instauración de las políticas neoliberales en América Latina. *Política y Cultura*, 35-64.
- Salas, J. J. (16 de 09 de 2020). *El modesto tanque Imhoff: fundamentos y diseño*. Obtenido de iAgua.: <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/modesto-tanque-imhoff-fundamentos-y-diseno>
- Sánchez, J. (30 de Abril de 2019). *Medio ambiente*. Obtenido de Deterioro ambiental: definición, causas y consecuencias: <https://www.ecologiaverde.com/deterioro-ambiental-definicion-causas-y-consecuencias-1393.html>
- Sanchez, O. (26 de Junio de 2020). Acusan falta de agua potable en San Lorenzo Almecatla ante perforación privada de 7 pozos. *Enfoque*, pág. 1.
- SOCIEDAD. (25 de Abril de 2021). Una maestra fue golpeada por su marido en pleno Zoom. *SOCIEDAD*, pág. 1.
- Stephen R. Gliessman, C. G.-Z. (s.f). “AGROECOLOGÍA: UN ENFOQUE SUSTENTABLE DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA”. *LECTURA N° 2-1 DEL MODULO DE TRABAJO PERSONAL: PROGRAMA INTERUNIVERSITARIO OFICIAL DE POSGRADO*, 1-9.
- Tello Jiménez Ma José, Á. Y.-R. (2015). Las bases de la Educación Ambiental. *Universidad de Jaén*, 1-11.
- UNESCO. (2017). AGUAS RESIDUALES. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. *Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas*, 1-202.
- Unidas., N. (2019). *Agua | Naciones Unidas*. Obtenido de United Nations: [https://www.un.org/es/global-issues/water#:~:text=2%20200%20millones%20de%20personas,\(OMS%2FUNICEF%202020\)](https://www.un.org/es/global-issues/water#:~:text=2%20200%20millones%20de%20personas,(OMS%2FUNICEF%202020)).
- Vilalta, P. A. (2014). INVESTIGACIÓN,DESARROLLO E INNOVACIÓN EN ESPAÑA. *Universidad Politécnica de Cartagena* , 1-50.
- World. (21 de 03 de 2022). *Agua para consumo humano*. Obtenido de Who.int; World Health Organization.: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/drinking-water>
- Zambrano, J. (4 de 07 de 2022). *Ibero Puebla:tratar al 100% las aguas residuales evita daño acuífero y escasez*. Obtenido de Grupo Milenio.:

<https://www.milenio.com/estados/ibero-puebla-desarrolla-tratamiento-aguas-residuales>

Zamora, R. d. (2014). *aportes eco buap*. Obtenido de <http://www.eco.buap.mx/aportes/libros/Servicio%20del%20agua.pdf>

ANEXOS

ANEXOS 1. Material para los talleres.



Figura 45. Infografía sobre el consumo del agua



Figura 46. Tecnologías Sustentables



Figura 47. Infografía sobre tecnologías para el uso sustentable del agua



Figura 48. ¿Cómo reciclar el agua?



Figura 49. Contaminación del agua



Figura 50. Elaboración de un filtro de arena



TALLER
Elaboración De un Biofiltro

.....
 Colegio de Postgraduados Campus Puebla
 Alumna: Ing. María Eugenia Ortega Sánchez

Martes 31 de Mayo del 2022
 02:00 PM a 4:00 PM



.....
 Aprende a armar tu propio biofiltro aprovechando el espacio de tu hogar con materiales accesibles, aprovecha el agua gris que proviene del lavamanos, fregaderos y del lavado de ropa.

Figura 51. Invitación al taller para elaboración de un biofiltro

ANEXO 2. Carta descriptiva del primer taller

	<p>Nombre del taller: Reutilización de las aguas grises domésticas tratadas por fitorremediación en SLA.</p> <p>Lugar: San Lorenzo Almecatla, Cuautlancingo, Pue. fecha de realización: 27 de enero 2022</p> <p>Nombres del facilitador: Dr. Ignacio Cerda Carranza, Dr. Juan Alberto Paredes Sánchez. Dr. Luciano Aguirre Álvarez y María Eugenia Ortega Sánchez</p> <p>Perfil de los facilitadores: Profesor consejero, Coordinador MAP Valles de Puebla, Coordinador MPGDS, Estudiante de la MPGDS</p>				
	<p>Objetivo general: Presentación y conocer al grupo cooperativo “El porvenir” localizado en la Comunidad de San Lorenzo Almecatla</p>				
<p>Duración total del taller: 30 min</p>		<p>Nombres de los facilitadores: María Eugenia Ortega Sánchez</p> <p>Profesor consejero: Dr. Ignacio Cerda Carranza</p>			
Resultados	Tema	Actividad	Material	Responsable(s)	Tiempo
<p>Las primeras reflexiones fueron: las personas están interesadas en el tema de la reutilización de las aguas grises domésticas, 4 de las 12 personas que asistieron a esa primera reunión se encuentran interesadas en que se les coloque un FITOECOFIL en su hogar.</p>	<p>Reutilización de las aguas grises domésticas tratadas por fitorremediación en San Lorenzo Almecatla, Pue.</p>	<p>Dar a conocer el tema de mi tesina a las familias que forman parte del grupo cooperativo “el porvenir”</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Presentación (powerpoint) 	<p>Dr. Ignacio Cerda Carranza María Eugenia Ortega Sánchez</p>	<p>30 min</p>

ANEXO 3. Carta descriptiva del segundo taller

 <p>Colegio de Postgraduados Campus Puebla</p>	<p>Nombre del taller: El agua como recurso y la contaminación del agua Lugar: San Lorenzo Almecatla, Cuautlancingo, Pue. fecha de realización: 2 al 23 de febrero 2022 Nombres del facilitador: Dr. Ignacio Cerda Carranza y María Eugenia Ortega Sánchez Perfil de los facilitadores: Profesor consejero y Estudiante de la MPGDS</p>				
	<p>Objetivo general: Identificar donde emplean más el agua potable durante sus actividades cotidianas.</p>				
<p>Duración total del taller: 4 horas</p>		<p>Nombres de los facilitadores: María Eugenia Ortega Sánchez Profesor consejero: Dr. Ignacio Cerda Carranza</p>			
Resultados	Tema	Actividad	Material	Responsable(s)	Tiempo
<ul style="list-style-type: none"> • Visibilizarían de problemáticas • Mapeo de conflictos ambientales asociados con el agua. <p>Este segundo taller ayudará a conocer las fuentes principales de agua de la comunidad de San Lorenzo Almecatla y que puedan identificar los principales problemas de contaminación</p>	Fuentes de agua	Mapa de la comunidad (Fuentes de agua)	<ul style="list-style-type: none"> • Papel Bond • Crayolas • Lápiz 	Dr. Ignacio Cerda Carranza María Eugenia Ortega Sánchez	Taller 1 hora 20 min Actividad 40 min
	Contaminación del agua	Ciclos del agua (ejercicio individual y familiar)	<ul style="list-style-type: none"> • Papel Bond • Hojas blancas • Crayolas • Pluma 		Taller 1 hora 20 min Actividad 40 min

ANEXO 4. Carta descriptiva del tercer taller

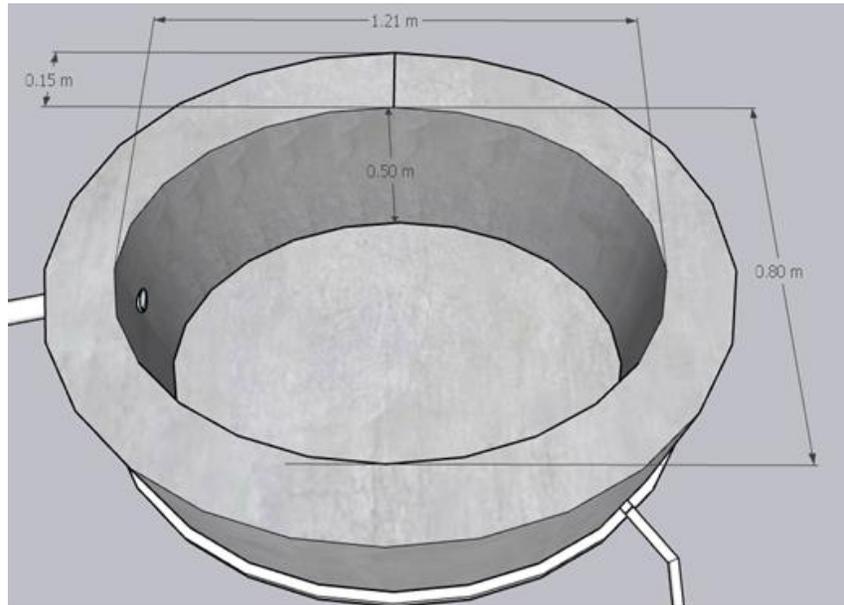
		<p>Nombre del taller: El agua como recurso y la contaminación del agua Lugar: San Lorenzo Almecatla, Cuautlancingo, Pue. fecha de realización: 2 al 23 de marzo 2022 Nombres del facilitador: Dr. Ignacio Cerda Carranza y María Eugenia Ortega Sánchez Perfil de los facilitadores: Profesor consejero y Estudiante de la MPGDS</p>			
<p>Objetivo general: Conocer alternativas amigables con el medio ambiente y como se pueden utilizar a pequeña escala, analizar si dichas tecnologías son oportunas para ser implementadas en los hogares a través del reconocimiento de las ventajas y desventajas.</p>					
<p>Duración total del taller: 6 horas</p>			<p>Nombres de los facilitadores: María Eugenia Ortega Sánchez Profesor consejero: Dr. Ignacio Cerda Carranza</p>		
Resultados	Tema	Actividad	Material	Responsable(s)	Tiempo
<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de las tecnologías sustentables • Esta metodología que ayudara a conocer las ventajas y desventajas de la implementación de las tecnologías sustentables en los hogares de los participantes 	¿Qué son las tecnologías sustentables?	Situación actual/situación deseada	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja blanca • Papel Bond • Pluma 	Dr. Ignacio Cerda Carranza María Eugenia Ortega Sánchez	Taller 1 hora 20 min Actividad 40 min
	¿Cuántas tecnologías sustentables existen?	Acciones propuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja blanca • Papel Bond • Pluma 		Taller 1 hora 20 min Actividad 40 min
	¿Cómo ayudan a la limpieza del agua?	Elaboración de un filtro lento de arena	<ul style="list-style-type: none"> • Algodón • Botella • Arena • Graba • Colador • Piedra • Carbón 		Taller 1 hora Actividad 1 hora

ANEXO 5. Carta descriptiva del cuarto taller

	Nombre del taller: El agua como recurso y la contaminación del agua Lugar: San Lorenzo Almecatla, Cuautlancingo, Pue fecha de realización: 11 de mayo al 30 de junio 2022 Nombres del facilitador: Dr. Ignacio Cerda Carranza y María Eugenia Ortega Sánchez Perfil de los facilitadores: Profesor consejero y Estudiante de la MPGDS				
	Objetivo general: El objetivo de esta actividad es elaborar un plan de acción para el diseño, construcción, armado y puesta en marcha del biofiltro.				
Duración total del taller: 6 horas			Nombres de los facilitadores: María Eugenia Ortega Sánchez Profesor consejero: Dr. Ignacio Cerda Carranza		
Resultados	Tema	Actividad	Material	Responsable(s)	Tiempo
<p>Qué estrategias ha estado usando la comunidad para hacerle frente a las problemáticas.</p> <p>Qué estrategias se pueden implementar de manera colectiva.</p> <p>Qué alternativas existen.</p> <p>Qué alianzas podemos generar, qué redes podemos construir.</p> <p>Cómo lo podemos hacer y con quiénes.</p> <p>Qué hemos hecho. Qué podemos hacer.</p> <p>Oportunidades, posibilidades.</p>	Implementación del FITOECOFIL (diseño)	Entregar pre diseños con la familia para hacer mejoras o correcciones	Computadora Hojas blancas	Dr. Ignacio Cerda Carranza María Eugenia Ortega Sánchez	Taller 2 hora
	Implementación del FITOECOFIL (construcción)	Construcción del tren de tratamiento Medidas de los tubos	tabique rojo recocido 14x24x6 block macizo 12x20x40		Taller 1 hora Actividad 2 horas
	Implementación del FITOECOFIL (armado del biofiltro)	Compra de materiales Compra de sustratos Compra de flores	bulto de cemento grava ¾ 100 cal 22 malla electro soldada 6-6 10-10 para firme alambre recocido clavo para concreto 1 1/2		
	Implementación del FITOECOFIL (puesta en marcha)				

ANEXO 6. Primer diseño del FITOECOFIL

DIMENSIONES TRAMPA DE GRASA



Nombre	Cantidad
TABIQUE ROJO RECOCIDO 14X24X6	100 PZAS
BULTO DE CEMENTO	2 BULTO
GRAVA 3/4	2 CUBETAS
ARENA	6 CUBETAS
MALLA DE GALLINERO 25 X 100 CAL 22	4 METROS
ALAMBRO 1/4	5 KILOS
ALAMBRE RECOCIDO	1/2 KILO



Colegio de
Postgraduados

*Proyecto de
reutilización de
agua gris para
la comunidad de
San Lorenzo*

Plano: Dimensiones para la
trampa de grasas

Elaboro: Ing. Maria Eugenia
Ortega Sánchez

Colaboración de externos: Arq.
Ignacio A. Zamora Apac

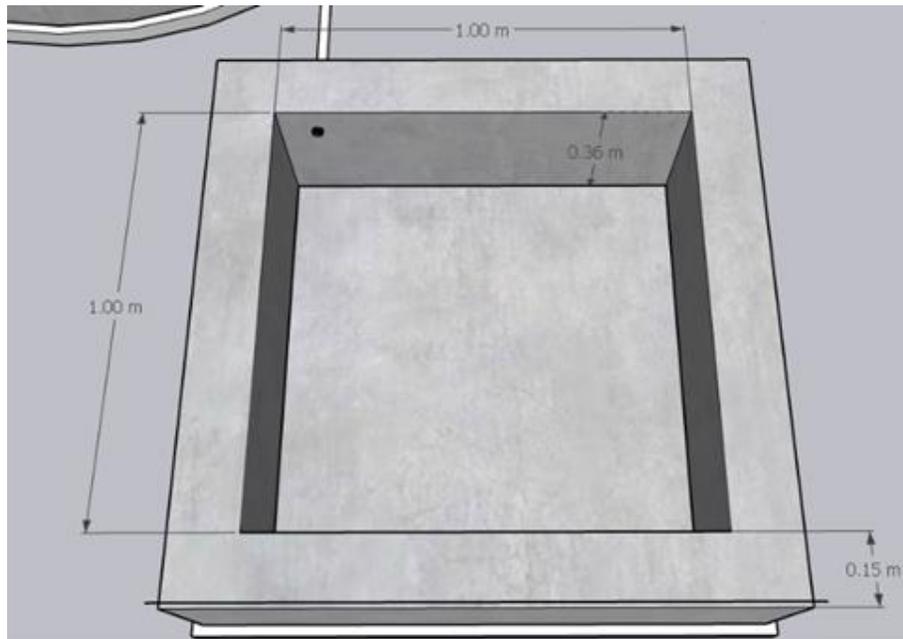
Fecha: 13/05/22

*Localidad de San Lorenzo
Almecatla*



ANEXO 6. Primer diseño del FITOECOFIL

DIMENSIONES FILTRO



Nombre	Cantidad
TABIQUE ROJO RECOCIDO 14X24X6	80 PZAS
BULTO DE CEMENTO	1 BULTO
GRAVA 3/4	1 CUBETAS
ARENA	3 CUBETAS
ALAMBRO 1/4	3 KILOS
ALAMBRE RECOCIDO	1/2 KILO



Colegio de
Postgraduados

*Proyecto de
reutilización de
agua gris para
la comunidad de
San Lorenzo*

Plano: Dimensiones para la
trampa de grasas

Elaboro: Ing. Maria Eugenia
Ortega Sánchez

Colaboración de externos: Arq.
Ignacio A. Zamora Apac

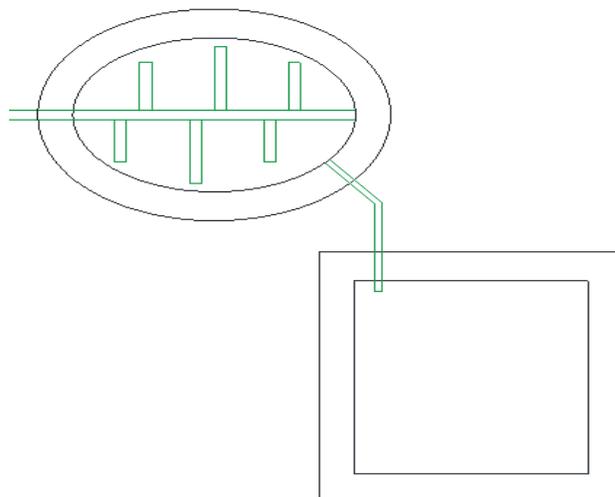
Fecha: 13/05/22

*Localidad de San Lorenzo
Almecatla*



ANEXO 6. Primer diseño del FITOECOFIL

DIMENSIONES FILTRO



Nombre	Cantidad
TUBO PVC SANITARIO DE 2"	12 METROS
YEE PVC SANITARIO DE 2"	1 PZA
CODO 45 GRADOS PVC SANITARIO DE 2"	1 PZA
TE PVC SANITARIO DE 2"	6 PZA
TAPON PVC SANITARIO DE 2"	1 PZA
TUBO PVC HIDRAULICO DE 1"	5 METROS
PEGAMENTO PVC SANITARIO 480 G	1 PZA
CODO 90 GRADOS PVC HIDRAULICO DE 1"	4 PZA
CODO 45 GRADOS PVC HIDRAULICO DE 1"	1 PZA
VÁLVULA DE ESFERA DE 1" PVC HIDRAULICO	1 PZA



Colegio de
Postgraduados

*Proyecto de
reutilización de
agua gris para
la comunidad de
San Lorenzo*

Plano: Dimensiones para la trampa de grasas

Elaboro: Ing. Maria Eugenia Ortega Sánchez

Colaboración de externos: Arq. Ignacio A. Zamora Apac

Fecha: 13/05/22

*Localidad de San Lorenzo
Almecatla*



ANEXO 7. Evidencias fotográficas (talleres participativos)



Elaboracion de mapa de los recursos naturales
Fecha: 2 de febrero 2022.



Taller: Fuentes de agua
Fecha: 2 de febrero 2022.



Debate de experiencias sobre las fuentes de agua
Fecha: 2 de febrero 2022



Taller: Fuentes de agua, material de apoyo
Fecha: 2 de febrero 2022.



Preguntas sobre las fuentes de agua
Fecha: 2 de febrero 2022



Taller: Fuentes de agua
Fecha: 2 de febrero 2022



Taller: Contaminación del agua
Fecha: 9 de febrero 2022.



Debate de los comercios de San Lorenzo Almecatla
Fecha: 9 de febrero 2022.



Taller: Contaminación del agua
Fecha: 9 de febrero 2022.



Debate de la agricultura de San Lorenzo Almecatla
Fecha: 9 de febrero 2022.



Taller: Tecnologías sustentables y limpieza del agua
Fecha: 2 de marzo 2022.



Taller: Tecnologías sustentables y limpieza del agua
Fecha: 2 de marzo 2022.



Actividad para superponer las actividades realizadas en SLA, para observar el gasto de agua
Fecha: 16 de marzo 2022.



Identificar las oportunidades de las tecnologías sustentables
Fecha: 16 de marzo 2022.



Taller: ¿Qué son las tecnologías sustentables?
Fecha: 16 de marzo 2022.



Taller: ¿Qué son las tecnologías sustentables?
Fecha: 16 de marzo 2022.



Taller: ¿Cuántas tecnologías sustentables existen?
Fecha: 16 de marzo 2022.



Conclusiones de las ventajas y desventajas del uso del agua
Fecha: 16 de marzo 2022.



**Taller: ¿Cómo ayudan a la
limpieza del agua?**
Fecha: 23 de marzo 2022.



**Taller: Elaboración de un filtro
lento de arena**
Fecha: 23 de marzo 2022.



**Taller: Elaboración de un filtro
lento de arena**
Fecha: 23 de marzo 2022.



**Taller: Elaboración de un filtro
lento de arena**
Fecha: 23 de marzo 2022.



**Taller: Elaboración de un filtro
lento de arena**
Fecha: 23 de marzo 2022.



**Taller: Elaboración de un filtro
lento de arena**
Fecha: 23 de marzo 2022.



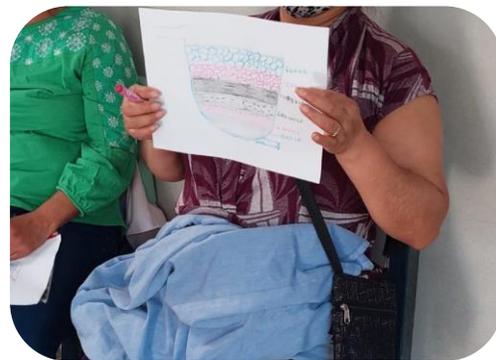
Taller: FITOECOFIL y su operación
Fecha: 24 de abril 2022.



Taller: FITOECOFIL y su operación
Fecha: 24 de abril 2022.



Taller: FITOECOFIL y su operación
Fecha: 24 de abril 2022.



Taller: FITOECOFIL y su operación
Fecha: 24 de abril 2022.



Taller: FITOECOFIL y su operación
Fecha: 24 de abril 2022.



Taller: FITOECOFIL y su operación
Fecha: 24 de abril 2022.



Diseño del FITOECOFIL
Fecha: 11 de mayo 2022.



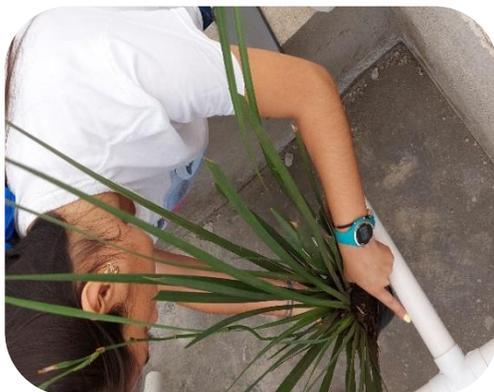
Diseño del FITOECOFIL
Fecha: 18 de mayo 2022.



Diseño del FITOECOFIL
Fecha: 18 de mayo 2022.



Diseño del FITOECOFIL
Fecha: 18 de mayo 2022.



Diseño del FITOECOFIL
Fecha: 18 de mayo 2022.



Diseño del FITOECOFIL
Fecha: 18 de mayo 2022.



Taller: Implementación FITOECOFIL con el grupo
Fecha: 30 de mayo 2022



Taller: Limpieza de los sustratos
Fecha: 30 de mayo 2022.



Taller: Explicación para la implementación del FITOECOFIL
Fecha: 30 de mayo 2022.



Taller: Limpieza de las flores de ornato
Fecha: 30 de mayo 2022.



Taller: Implementación FITOECOFIL con el grupo
Fecha: 30 de mayo 2022



Taller: Implementación FITOECOFIL con el grupo
Fecha: 30 de mayo 2022



Taller: Explicación de tipos de plantas acuáticas
Fecha: 16 de junio 2022.



Taller: Explicación de tipos de plantas acuáticas
Fecha: 16 de junio 2022



Exposición del funcionamiento del FITOECOFIL
Fecha: 16 de junio 2022



Exposición del funcionamiento del FITOECOFIL
Fecha: 16 de junio 2022.



Tren de tratamiento del FITOECOFIL
Fecha: 16 de junio 2022



Cartel del funcionamiento del FITOECOFIL
Fecha: 16 de junio 2022