



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROYECTO DE FORMACIÓN

APLICACIONES METODOLÓGICAS DE CAPTACIÓN Y
PROCESAMIENTO DE AGUA PARA PRODUCTORES
AGROPECUARIOS EN XOLOSTITLA DE MORELOS,
HIDALGO

Para obtener el grado de
Maestra en Gestión Ambiental

PRESENTA
Adriana Palomo Martínez

Director

Dr. Pablo Octavio Aguilar

Codirectora

Dra. Yamilé Rangel Martínez

Pachuca de Soto, Hgo., México. Septiembre 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Biología

Department of Biology

Mineral de la Reforma, Hgo., a 30 de junio de 2025

Número de control: ICBI-AAB/593/2025

Asunto: Autorización de impresión.

**MTRA.OJUKY DEL ROCIO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

El Comité Tutorial del nombre del producto que indique el documento curricular del programa educativo de posgrado titulado “Aplicaciones metodológicas de captación y procesamiento de agua para productores agropecuarios en Xolostitla de Morelos, Hidalgo”, realizado por la sustentante Adriana Palomo Martínez con número de cuenta 383571 perteneciente al programa de **MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**, una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que la sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”

El Comité Tutorial

Dr. Pablo Octavio Aguilar
Vocal

Dr. Arturo Sánchez González
Secretario

Dr. Raúl Ortiz Pulido
Presidente

Dra. Yamile Rangel Martínez
Suplente

DMGH/DEGL

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40063, 40064 y 40065
aab_icbi@uah.edu.mx, maritzai@uah.edu.mx

“Amor, Orden y Progreso”



2025



uah.edu.mx

DEDICATORIA

A mi amada familia:

Mis papás, Isabel y Martín y a mi hermana Lili quienes son los pilares y motor de vida, además de mi inspiración y guía.

Mis abuelitas: Mi abuelita Ufa, que siempre me apoyó y me cuida desde el cielo y a mi mami, que me llena de amor, ternura y siempre ora por mi bienestar.

A mi novio Rodri, que siempre me motivó a seguir, ayudarme a estudiar y por siempre creer en mis capacidades.

Este logro es tan suyo como mío, porque sin su amor y apoyo, nada de esto habría sido posible.

AGRADECIMIENTOS

Especialmente al Dr. Pablo, sin su ayuda, asesoría y consejos no lo habría logrado, porque siempre creyó en mis capacidades y me motivó a superarme. A mi comité tutorial, Dra. Yamilé, Dr. Raúl y Dr. Arturo, quienes dedicaron su tiempo, me compartieron sus conocimientos, y me tuvieron paciencia y comprensión, mostrándome que con determinación, todo es posible. Sin su entrega incondicional no lo habría logrado.

A mis profesores de la maestría que me guiaron y fueron una pieza clave en la realización del proyecto, especialmente la Dra. Dulce y la Dra. Carmen.

A mi papá, Martín por ayudarme con la construcción del modelo piloto y asesorarme, a mi mamá Isabel, por ayudarme con la construcción y con su ingenio cuando había detalles, ambos con su paciencia y sabiduría me guiaron y mostraron que siempre hay otra perspectiva. A mi hermana por ayudarme, motivarme y siempre sacarme una sonrisa.

A Rodri, por siempre echarme porras, y enseñarme nuevos conocimientos que fueron clave para el desarrollo del proyecto. También me inspiró y ayudó, además de brindarme su amor y apoyo incondicional.

A mis amigos Xabram y Jio, que me motivaron a seguir y me ayudaron cuando sentía que era demasiado.

A mi familia que me brindó su apoyo y espacio para realizar el proyecto, mi abuelita Ufa, mi tía Laura y mis tíos que estuvieron al pendiente de mis plantas, como ellos dicen.

A mis amigos Alexa, Goyo, Less, quienes en poco tiempo se convirtieron en personas muy importantes para mí y siempre estuvieron para motivarme y ayudarme, los momentos y las risas compartidas hicieron este proceso más llevadero.

A todas las personas que me ayudaron, con palabras de aliento, ideas o una sonrisa.

A Dios por colocarme con las personas correctas en el momento correcto, justo cuando más los necesitaba, por todas las bendiciones que me ha brindado y por siempre cuidar de mí de los míos.

1. ÍNDICE GENERAL

1. ÍNDICE GENERAL.....	5
2. ABREVIATURAS	7
3. LISTADO DE FIGURAS.....	9
4. LISTADO DE TABLAS.....	12
5. RESUMEN.....	13
6. PRESENTACIÓN.....	15
7. MARCO TEÓRICO	16
7.1 Legislativo	16
7.2 Técnico.....	18
7.3 Educación Ambiental.....	21
7.4 Área de estudio	22
8. JUSTIFICACIÓN.....	22
9. OBJETIVO GENERAL	23
10. OBJETIVOS PARTICULARES	23
11. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
11.1 Aplicación, análisis de encuestas y reuniones informativas	24
11.2 Construcción del SCALL+PET	28
11.3 Construcción de humedal artificial.....	36
11.4 Muestreo para análisis de agua	40
11.5 Aplicación de acrilato de potasio	41
11.6 Análisis estadístico	42
12. RESULTADOS.....	44
12.1 Análisis de encuestas.....	44
12.2 Análisis de agua del ekomuro	49
12.3 Análisis de agua del humedal artificial	50

12.4 Análisis del crecimiento de las plantas de Lavanda con acrilato de potasio	53
13. DISCUSIÓN	58
13.1 Encuestas y educación ambiental	58
13.2 Ekomuro	60
13.3 Humedal artificial	61
13.4 Crecimiento de lavandas	66
14. RECOMENDACIONES.....	68
15. CONCLUSIÓN.....	68
16. REFERENCIAS	69
17. ANEXO I: MARCO LEGISLATIVO.....	75
17.1 Normas aplicables.....	77
17.2 Autorización de uso de terreno.....	92
17.3 Permiso operativo del terreno	93
18. ANEXO II EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	94
18.1 Encuestas.....	96
18.2 Trípticos informativos	116
18.3 Pláticas informativas.....	119
18.4 Entrega de manuales de donación	123
19. ANEXO III: TÉCNICO	124
19.1 Análisis del agua del ekomuro.....	126
19.2 Análisis del agua del humedal artificial.....	132
19.3 Manuales.....	169
19.4 Formatos de apoyo y/o para imprimir	216

2. ABREVIATURAS

ACP	Análisis de Componentes Principales
ANOVA	Análisis de Varianza
CAASIM	<i>Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales</i>
CALL	<i>Captación de Agua de Lluvia</i>
Cd	Cadmio
cm	Centímetros
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DBO	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>
DQO	<i>Demanda Química de Oxígeno</i>
FAO	<i>Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación</i>
GA	Grasas y Aceites
IMPLAN	<i>Instituto Municipal de Planeación</i>
IMTA	<i>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua</i>
L	Litros
N	Nitrógeno
NH ₄ +	<i>Amonio</i>
Ni	Níquel
NMP	<i>Número Más Probable</i>
NO ₃ -	<i>Nitrato</i>
NOM	Norma Oficial Mexicana
NT	<i>Nitrógeno Total</i>
NMX	Norma Mexicana
OMS	<i>Organización Mundial de la Salud</i>
ONU	<i>Organización de las Naciones Unidas</i>

P	Fósforo
Pb	Plomo
PED	<i>Programa Estatal de Desarrollo</i>
PET	<i>Tereftalato de polietileno</i>
pH	Potencial de Hidrógeno
PVC	<i>Policloruro de Vinilo</i>
SADER	<i>Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural</i>
SAP	<i>Polímeros superabsorbentes</i>
SCALL	<i>Sistemas de Captación de Agua de Lluvia</i>
Se	Selenio
SEGOB	<i>Secretaría de Gobernación</i>
SMN	Sistema Meteorológico Nacional
SS	Sólidos suspendidos
ST	Sólidos sedimentables
UAEH	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
UFC	<i>Unidades Formadoras de Colonias</i>
Zn	Zinc

3. LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Mapa con la precipitación promedio anual en Xolostitla de Morelos.....	22
Figura 2. Encuestas realizadas en la comunidad de Xolostitla de Morelos, Hgo. .	26
Figura 3. Perforación de botellas.....	32
Figura 4. Niples de 3.5 cm.....	32
Figura 5. Envolver niples	32
Figura 6. Unión de botellas parte inferior	32
Figura 7. Unión de cuellos de botellas	32
Figura 8. Base para ekomuro	32
Figura 9. Segunda parte base de ekomuro	33
Figura 10. Válvula de extracción del filtro.....	33
Figura 11. Preparación de la base	33
Figura 12. Área de escurrimiento	33
Figura 13. Canaleta de PVC.....	33
Figura 14. Colador de metal	33
Figura 15. Canaleta montada	34
Figura 16. Lavado de arena	34
Figura 17. Llave inferior del filtro	34
Figura 18. Conexión con la botella	34
Figura 19. Corte de botella para filtro	34
Figura 20. Tapa de cinta de aislar	34
Figura 21. Salida de agua del filtro.....	35
Figura 22. Capa de algodón	35
Figura 23. Filtro armado	35

Figura 24. Caída de canaleta	35
Figura 25. Colocación de botellas en la base.....	35
Figura 26. Unión de ekomuro con el filtro.....	35
Figura 27. Ekomuro.....	36
Figura 28. Llenado de piscina	39
Figura 29. Plantación	39
Figura 30. Canales de distribución	39
Figura 31. Tubo de desfogue	39
Figura 32. Llave de colecta	39
Figura 33. Barrera de trampa de grasa	39
Figura 34. Base de trampa de grasa	40
Figura 35. Salida de trampa de grasa	40
Figura 36. Montaje de humedal.....	40
Figura 37. Plantas sembradas.....	41
Figura 38. Acrílico de potasio hidratado	41
Figura 39. Secciones.....	42
Figura 40. Riego.....	42
Figura 41. Percepción de la disminución de la lluvia	46
Figura 42. Personas afectadas por la sequía	46
Figura 43. Áreas de afectación por la sequía	46
Figura 44. Actividades donde usan el agua	47
Figura 45. Personas que conocen formas de captación de agua.....	47
Figura 46. Formas de enfrentar la falta de agua	47
Figura 47. Formas de obtención de agua.....	47
Figura 48. Formas de captación de agua que conocen	47

Figura 49. Porcentaje de aceptación de tecnologías de agua.....	48
Figura 50. Técnicas de captación empleadas en la comunidad.....	48
Figura 51. Formas de procesar agua que conocen.....	48
Figura 52. Características de los SCALL para que los implementen	48
Figura 53. Agrupamiento de respuestas mixtas	49
Figura 54. Análisis de Componentes Principales.....	52
Figura 55. Altura de las plantas de lavanda.	47
Figura 56. Apariencia de las plantas de lavanda.....	56
Figura 57. Color de las plantas de lavanda.	57
Figura 58. Ancho de las lavandas..	57
Figura 59. Presencia de flores de las lavandas.....	58
Figura 60. Comprobante de domicilio de la persona que autorizó.	93
Figura 61. Participación de los asistentes	122
Figura 62. Lluvia de ideas	122
Figura 63. Plática informativa	122
Figura 64. Donación de manuales del modelo piloto.....	122

4. LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Plan de clase para las pláticas informativas realizadas en la comunidad de Xolostitla de Morelos.....	27
Tabla 2. Comparación de efluentes del ekomuro en Julio y Octubre 2024. Usando una prueba de Wilcoxon. Como se observa, no hay diferencias significativas entre la calidad del agua entre meses.	49
Tabla 3. Resultados del análisis de la calidad del efluente del ekomuro creado en este trabajo y comparación con los límites máximos permitidos por las normas aplicables	50
Tabla 4. Porcentaje de remoción de contaminantes en el humedal artificial analizado. Comparación de los valores obtenidos en el influente y efluente, con los porcentajes de remoción de contaminantes entre algunos meses del 2024.....	51
Tabla 5. Análisis de ANOVA. El análisis reveló diferencias significativas entre los valores de los contaminantes, $p<0.05$, hay diferencias significativas entre al menos un mes.	51
Tabla 6. Scores obtenidos por el ACP para los atributos de calidad de agua entre meses evaluados.....	52
Tabla 7. PERMANOVA de dos vías. Muestra diferencias significativas entre los tratamientos y a lo largo del tiempo.	53
Tabla 8. PERMANOVA serial para los atributos de las plantas entre tratamientos (Acrílico + Riego, Acrílico, Sin nada) y en los diferentes tiempos (1, 3, 5, 7, 11 y 13 semanas).	54
Tabla 9. Resultado de la prueba de contraste de la altura (cm) de las plantas de lavanda medidas en seis tiempos durante 13 semanas, después de analizar los datos con un PERMANOVA pareado.....	54

5. RESUMEN

La escasez de agua es un problema crítico en el contexto del calentamiento global, que afecta especialmente a los agricultores de regiones áridas. En la zona metropolitana de Pachuca, en Hidalgo, que comprende Mineral de la Reforma, Pachuca, Epazoyucan y Zapotlán de Juárez, la agricultura no puede prosperar sin un riego adecuado. Numerosos pozos, a menudo contaminados con aguas residuales, sirven como fuentes de agua pero solo durante época de lluvias. Para abordar esta problemática, proponemos este trabajo sobre el uso de ecotecnologías para la captación, el tratamiento y el almacenamiento de agua de lluvia, con el fin de reactivar la agricultura en la zona. El proyecto incluyó un muro de captación de agua de lluvia, un humedal artificial para el tratamiento del agua, y la adición de acrilato de potasio al suelo como medio de almacenamiento. Los análisis bioquímicos mostraron variaciones estacionales en la calidad del agua, principalmente debido a la variación de la materia orgánica en el humedal. Una mejora identificada para el ekomuro fue la incorporación de estructuras de almacenamiento protegidas de la luz solar directa, lo que previene el crecimiento de microorganismos. Los resultados mostraron que las plantas regadas con agua del humedal y suplementada con acrilato crecieron significativamente mejor que aquellas sin el aditivo o sin riego asistido, lo que demuestra el potencial de estas tecnologías durante las sequías, pero es necesario analizar a detalle en el futuro la contaminación de suelos por este producto. Estos hallazgos subrayan la importancia de crear conciencia sobre el medio ambiente y la escasez de agua,

especialmente entre los jóvenes, ya que muchos han abandonado la vida rural porque ya no les resulta atractiva para su desarrollo.

6. PRESENTACIÓN

El presente trabajo constituye un modelo de transferencia de tecnología cuya finalidad es la captación y procesamiento para contar con reservas de agua en zonas agrícolas. La escasez de agua y el cambio climático son problemas que actualmente afectan a diversas regiones del mundo, por lo que es imprescindible desarrollar estrategias que solucionen el problema a corto plazo. Las comunidades rurales, son vulnerables a la escasez de agua debido a que en su mayoría dependen del agua pluvial para sus cultivos. Sin ésta, no cuentan con otra fuente lo que genera pérdidas agrícolas al no completarse el ciclo de crecimiento de los cultivos por estrés hídrico. Esta problemática puede solucionarse implementando tecnologías de captación, almacenamiento y procesamiento de agua de lluvia.

Se han propuesto diversas alternativas para solucionar el problema como la reforestación de zonas áridas y semiáridas, construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, cisternas, entre otros. Sin embargo, en su mayoría requieren de una gran inversión de infraestructura, o en el caso de la reforestación, los resultados se obtienen en el mediano y largo plazo, por lo que no están al alcance de toda la población y no son factibles para que cualquier persona pueda aplicar esta tecnología.

El aprovechamiento de agua comienza desde su captación de fuentes pluviales, aguas grises, aguas superficiales, pozos, entre otras. Sin embargo, sin un sistema de almacenamiento adecuado pueden generarse mermas en la cantidad de agua captada al perderse por evaporación, escorrentía o eutrofización, lo que disminuye su aprovechamiento. Otro problema del almacenaje es la contaminación, que constituye un riesgo para la salud al desarrollar bacterias, parásitos, insectos, etc.

De igual forma, para asegurar el aprovechamiento del agua, es necesario implementar métodos de procesamiento especializados para darle el tratamiento adecuado. Por ejemplo, las aguas negras requieren más etapas de tratamiento por la cantidad de componentes que tienen, en comparación con el tratamiento que requiere el agua de lluvia.

La aplicación de un modelo piloto de captación, almacenamiento y procesamiento del agua genera una solución en los cultivos donde se adopte como una alternativa para obtener y aprovechar agua de diversas fuentes.

Además, la relación costo-beneficio es la más óptima, por ello está al alcance de la comunidad y su implementación requiere de poco tiempo.

Este modelo se basa en la sustentabilidad de diversas tecnologías ya implementadas con resultados favorables; para captar, procesar y almacenar agua gris y pluvial. En el presente trabajo se incluye también una estimación del costo de implementación para determinar la combinación de estrategias que brinden el menor costo y el mayor aprovechamiento posible.

Cabe agregar que el modelo piloto se enmarca en el ámbito legislativo vigente, en consecuencia, es sostenible y aplicable en zonas agrícolas de México que se adapten a las condiciones para las que está elaborado.

En este sentido, la divulgación juega un papel importante para que las personas se involucren, tanto en la problemática como en la implementación de soluciones. Por ello, la presentación de un manual operativo del modelo piloto permite la difusión e implicación de las personas interesadas en su aplicación.

Las tecnologías implementadas en el presente trabajo son un humedal artificial para agua gris, un “ekomuro” con botellas de Polietileno Tereftalato (PET) para agua pluvial y acrilato de potasio como complemento edáfico para la retención de humedad. La complementariedad de estas tecnologías permite tener agua disponible para riego de cultivos en cualquier época del año resolviendo el problema de la escasez de agua y por ende el bajo rendimiento de cosechas por falta de este recurso.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 *Legislativo*

En respuesta a la problemática global de escasez de agua potable, la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en su objetivo 6 “Agua limpia y Saneamiento” menciona que debe aumentarse el financiamiento enfocado a la infraestructura para

la gestión de recursos hídricos y saneamiento, por ejemplo “*Reducir las aguas residuales no tratadas...y aumentar la reutilización de aguas residuales ...—... implementar estrategias de regadío eficiente, para la reutilización de las aguas residuales y el uso de fuentes de agua de calidad marginal; para encontrar maneras más inteligentes de utilizar...el agua...y para producir alimentos más nutritivos con menos agua...*” (ONU, 2014; 2023).

En México, se creó el Programa Nacional Hídrico 2020-2024 para enfrentar problemas y reducir la sequía hídrica del país. Entre las acciones que se proponen se encuentran la promoción y utilización de tecnologías y metodologías no convencionales, la identificación de necesidad y modernización de estructura, tratamiento de aguas residuales e hidroagrícolas entre otras, para la correcta gestión y aplicación del agua desde su saneamiento hasta su utilización para fines agrícolas, industriales, etc. (SEGOB, 2020).

Entre las técnicas aplicadas se encuentran la estimulación de lluvias con yoduro de plata, trabajos para promover la retención de agua en el suelo y concientización de manejo sostenible para la agricultura, prácticas de conservación y restauración de suelos, uso de nopal forrajero e, implementación de filtro de escurrimientos en cultivos intercalados para reducir la erosión hídrica (SADER, 2022).

Por otra parte, en Hidalgo se implementan prácticas de manejo integral de agua entre las que destacan la captación de agua de lluvia mediante la utilización de diversas tecnologías como construcción de ollas y tanques con geomembrana, gestión de represas, así como el fomento del manejo integral del agua (PED 2022-2028). De la misma manera, en el Plan Municipal de Desarrollo 2020-2024 de Epazoyucan, se plantean desarrollar líneas de acción para el mejoramiento del uso del agua como lo son la captación del agua pluvial, mejorar el tandeo de agua; modernización del sistema de agua potable, de drenaje y alcantarillado, entre otras.

Con respecto a la normativa aplicable, la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002 establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento durante el manejo de agua para uso y consumo humano, además brinda especificaciones para obras de captación, tanques de almacenamiento,

plantas potabilizadoras y cisternas, así mismo establece los procedimientos sanitarios para su muestreo. La NOM-127-SSA1-1994 establece los tratamientos específicos de potabilización y límites permisibles de calidad del agua para uso y consumo humano. La NOM-179-SSA1-2020 establece las disposiciones sanitarias en los sistemas de abastecimiento de agua para mantener su calidad para uso y consumo humano. La NMX-AA-003-1980 establece recomendaciones y los lineamientos generales para el muestreo y análisis de aguas residuales. La NOM-003-ECOL-1997, establece límites permisibles de contaminantes para agua residual tratada que se reúse en servicio al público receptor. La NOM-001-SEMARNAT-2021, establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cualquier tipo de cuerpo receptor. Estos documentos deben ser considerados para establecer los valores de contraste permisibles en cualquier desarrollo tecnológico propuesto. Los lineamientos específicos de la normatividad vigente se muestran en el Anexo 1.

Debido a que esta propuesta incluye tanto el manejo de agua pluvial como residual es necesario incluir ambos elementos de la normativa vigente y estructurar el manejo por separado.

7.2 Técnico

En la actualidad, se implementan diversas técnicas para combatir la sequía y aprovechar el agua pluvial. Un ejemplo son los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), que permiten la disponibilidad de agua gratuita, pura por su naturaleza, reduciendo los criaderos de mosquitos y libre de químicos como el cloro. No obstante, los costos de inversión y mantenimiento son elevados, también se corre el riesgo de contaminación del agua por materia orgánica, contaminantes atmosféricos e insectos, entre otros. Además, la disponibilidad de agua potable depende de la lluvia, cuyos patrones han cambiado en los últimos años de formas impredecibles (Torres, 2019).

El objetivo de los SCALL son captar, filtrar y almacenar el agua pluvial, por lo que se conforma de un área de captación (regularmente son tejados), una canaleta, filtros y un depósito de agua o tanque de almacenamiento, dependiendo de las

características se puede añadir una bomba para la distribución (Torres & Fresquet, 2019). Los sistemas de almacenamiento suelen ser cisternas o tanques de diferentes materiales entre los que destacan concreto, acero galvanizado y polietileno, entre otros. Entre los inconvenientes que tienen es el espacio que ocupan, pues deben estar disponibles para su mantenimiento y se debe evitar la exposición del agua a la luz solar (IMPLAN, 2018). Una tecnología reciente que se investiga es la implementación de material reciclado como lo es el polietileno tereftalato-poliéster (PET) para la recolección del agua de lluvia (Castillo & Murcia, 2022). Las botellas se apilan en un “ekomuro” y la tecnología de almacenamiento se basa en el principio de los vasos comunicantes, por su sencillez se puede replicar en zonas rurales y se puede complementar con métodos de tratamiento. Sin embargo sigue en etapa de investigación y desarrollo (Roa & Rozo, 2022). Con respecto al tratamiento del líquido obtenido por estos sistemas, depende de las características y del tipo de agua, pero para el agua pluvial, puede implementarse únicamente un sistema de eliminación de contaminantes por métodos físicos, como filtros de arena o materiales de diferente densidad para mantener capas separadas y facilitar su limpieza a contracorriente cuando se requiera y si es necesario realizar una desinfección química mediante compuestos a base de cloro o yodo (OMS, 2011).

Por otro lado, se han propuesto tecnologías para la reutilización de aguas residuales como la construcción de humedales artificiales. Aunque existen diversos tipos, en general todos tienen ventajas similares respecto a los métodos convencionales como son costos menores para su implementación y mantenimiento, son amigables con el medio ambiente, se aplican en diversos climas, el agua obtenida puede usarse para cultivos y además, tienen una vida útil de 25 años (IMTA, 2022). Independientemente del cambio de concentración de contaminantes o del afluente, son estables y no tienen gastos de energía para su operación. Sin embargo, requieren espacio para su construcción, su eficacia depende del tratamiento adecuado, dependiendo la composición de los contaminantes y puede existir acumulación de sedimentos en el sustrato en el humedal (Arteaga et al., 2019).

Entre los diferentes tipos de humedal encontramos de flujo superficial y flujo subsuperficial, éstos a su vez se dividen en flujo subsuperficial horizontal y subsuperficial vertical. En este último, el agua a depurar fluye de manera vertical en el filtro, además se le añaden tubos verticales para facilitar la aireación al sistema lo que favorece a la degradación de los contaminantes. Entre las ventajas que tienen es que requieren menos espacio para su implementación y son eficientes en la depuración de aguas grises (Paredes et al., 2018). Al fluir el agua verticalmente sobre el lecho se distribuye de modo uniforme permitiendo una mayor aireación, otra característica de este tipo de humedales es la alimentación pausada y la operación intermitente para aumentar su capacidad depurativa de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y NO₃⁻ (Conductividad y Nitratos, respectivamente) lo que permite implementarlos en una menor superficie comparado con los humedales de flujo subsuperficial horizontal, lo que los hace ideales para lugares con espacio limitado (Arteaga et al., 2019).

Entre las especies de plantas estudiadas que tienen una eficiencia adecuada en la remoción de contaminantes de aguas incluyendo algunos metales se encuentra *Typha latifolia*, conocida principalmente como totora. Crece en lagos, estanques y pantanos de agua dulce y salobre, alcanza los 2.5 m de altura y resiste una amplia variedad de climas, lo que la hace ideal para implementarla en humedales artificiales (Rana & Maiiti, 2018). Es de naturaleza perenne y tiene un alto enraizamiento. Entre los metales que tiene la capacidad de bioacumular se encuentran en Zn, Ni, Pb, Cd, Se y Cu. Incluso, es capaz de tolerar y tratar contaminantes orgánicos como pesticidas (Papadopoulos & Zalidis, 2019). Otra especie utilizada para la fitorremediación de agua residual y doméstica es *Equisetum hyemale* conocida como cola de caballo, es capaz de sobrevivir en condiciones extremas, prácticamente en cualquier época del año y tiene un alto enraizamiento, es capaz de eliminar metales pesados como Pb y Cr, así como también contaminantes de aguas residuales de lavandería (Triwiswara, 2019).

Existen métodos diseñados para la captación de agua directamente en los cultivos, un ejemplo de estos son los Polímeros Superabsorbentes (SAP) que retienen el agua en el suelo y ayudan a su rehabilitación (Amirkhani et al., 2023). El

más utilizado es el poliacrilato de potasio debido a que retiene hasta 400 veces su peso en agua, manteniéndola disponible para las plantas, no es tóxico, previene la lixiviación y mejoran la calidad del suelo (Neethu et al., 2018). Sin embargo, Elshafie & Camele (2021) mencionan que el uso excesivo de polímeros absorbentes en la agricultura puede generar un riesgo de contaminación ambiental al haber productos comerciales que no se descomponen o que están formulados con materias primas no renovables. Al respecto, Liang et al. (2018) comentan que los SAP son biodegradables de 0.12% a 0.24% cada seis meses, y por otro lado, la microbiota del suelo ayuda a su degradación.

7.3 *Educación Ambiental*

Actualmente en México, la sequía afecta de forma severa a las comunidades rurales. A nivel nacional, se realizan investigaciones para evaluar cómo enfrenta la población este fenómeno, y se ha mostrado una preferencia hacia técnicas tradicionales. Por ejemplo, la aplicación de agricultura de temporal en laderas y terrazas de cauce, que aprovecha la humedad que éstas dejan para realizar una siembra temprana (Bocco et al., 2021). Otros estudios mostraron la aplicación de técnicas sencillas de Captación de Agua de Lluvia (CALL) como la recolección en tambos, cisternas al aire libre, cubetas y en general sistemas que no cuentan con un diseño especializado para captación, de bajo costo y que presentan problemas de almacenamiento adecuado y de salud al generarse mosquitos (Sosa et al., 2020).

En general, las personas de la región de Epazoyucan, Hidalgo, consideran que ha disminuido la lluvia en los últimos años pero no cuentan con acciones concretas y cada uno afronta la situación como puede, colectando agua en tambos y cubetas, rehusando el agua de la lavadora o solicitando pipas en caso extremo. Entonces, la población depende casi por completo del sistema de abastecimiento de agua potable de Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales (CAASIM) de Hidalgo. Así, cuando no se cumple con el “tandeo”, se quedan sin el recurso hasta que la empresa estatal surte el agua nuevamente.

En este sentido, es importante conocer a detalle las experiencias de la población sobre la escasez de agua en la región, de tal forma que los trabajos y

soluciones propuestas cuenten con el apoyo y conocimiento local, lo que favorecerá la adopción de las tecnologías de captación propuestas en este trabajo.

7.4 Área de estudio

El lugar donde se implementó el modelo piloto es la localidad de Xolostitla de Morelos, ubicada en el municipio de Epazoyucan, Hidalgo. Tiene una precipitación media anual de 100 mm y una temperatura media anual de 19.5° (INEGI, 2023). Con una población total de 1217 personas (INEGI, 2023). El uso de suelo que predomina en la localidad es la agricultura de temporal lluvioso (INEGI, 2020). El terreno está ubicado frente a la telesecundaria 378 en la calle Hidalgo S/N, es un espacio abierto lo que permite que las personas que circulen por la calle puedan observar el modelo piloto (Figura 1).

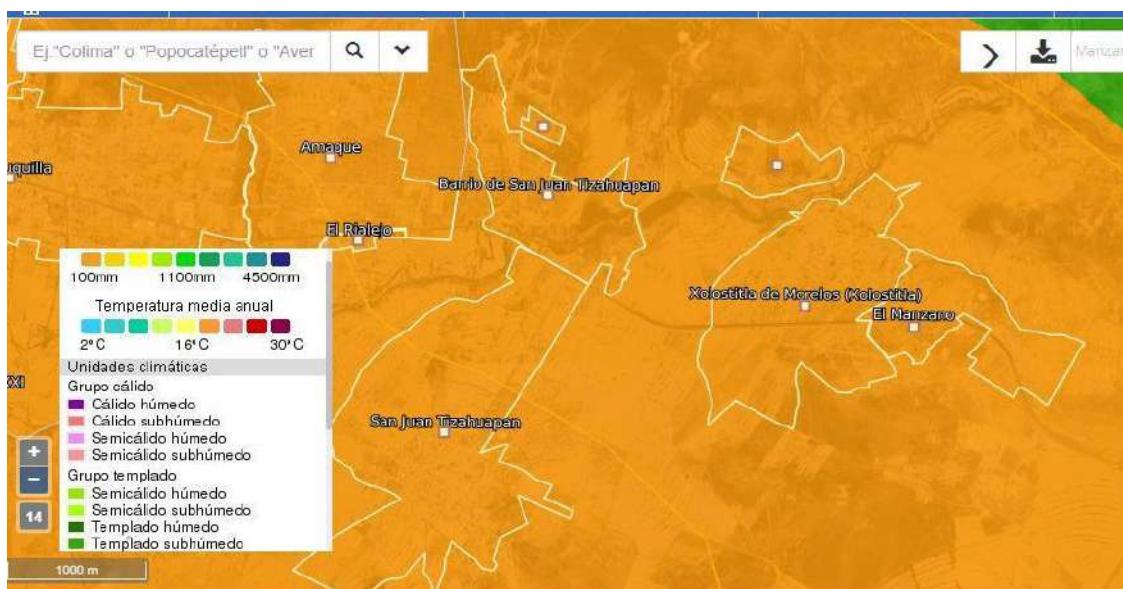


Figura 1. Mapa con la precipitación promedio anual en Xolostitla de Morelos. (Tomado de INEGI, 2023).

8. JUSTIFICACIÓN

La escasez de lluvia en Xolostitla, Epazoyucan, Hidalgo, genera un problema para los productores agrícolas cuya única fuente de agua para los cultivos es la pluvial. Aunque la zona cuenta con agua potable, el costo que genera su utilización

para los cultivos lo hace poco rentable. Atendiendo a esta problemática, la implementación de tecnologías mixtas para captación, almacenamiento y procesamiento de agua representan una alternativa para que los agricultores de cultivos temporales cuenten con otra fuente de agua y la puedan aplicar a los cultivos, disminuyendo el estrés hídrico, aumentando la producción y la calidad de los cultivos. Además, el modelo piloto con la aplicación de las tecnologías más eficientes en el ámbito costo-beneficio genera una oportunidad de crecimiento sostenible para la comunidad al aprender a aprovechar de manera eficiente el recurso hídrico.

El problema de fondo es que, el cambio climático genera que la temporada de lluvia comience después de lo habitual y la de temporada de heladas antes. Entonces, al no disponer de agua suficiente para iniciar la temporada de siembra antes que comiencen las lluvias, la temporada de heladas alcanza los cultivos, generando así que la cosecha sea prácticamente nula. Tal situación requiere de un manejo integrado de cuencas hidrográficas que trasciende los alcances de este trabajo, pero nos permite idear nuevas líneas estratégicas para resolver este problema en el largo plazo.

9. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un modelo piloto de captación, procesamiento y almacenamiento de agua para el riego de cultivos, mediante la implementación de tecnologías mixtas de captación pluvial con filtrado y almacenaje, que estén separadas del tratamiento de aguas grises por un humedal artificial, en la región de Xolostitla, Epazoyucan, Hidalgo.

10. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Establecer el marco legislativo requerido para la implementación del modelo piloto, mediante el cumplimiento de la normatividad actual y la obtención de permisos operativos del proyecto para garantizar la aplicación de las tecnologías a desarrollar.
2. Implementar un modelo piloto de captación y tratamiento, mediante

tecnologías como SCALL+PET, filtración de malla con gradiente de grano para el agua de lluvia, así como humedales artificiales, filtrado de malla con gradiente de grano para aguas grises, además de enriquecimiento edáfico con acrilato de potasio; con el fin de disponer del recurso hídrico durante época de sequía.

3. Generar un manual operativo del modelo piloto con detalles de las técnicas utilizadas más eficientes para facilitar su divulgación mediante la presentación del mismo en talleres participativos de la comunidad.
4. Evaluar la percepción de la población sobre la sequía, mediante el análisis y aplicación de encuestas en la zona de implementación de las tecnologías propuestas, para determinar la pertinencia social y futura del proyecto.

11. MATERIALES Y MÉTODOS

11.1 Aplicación, análisis de encuestas y reuniones informativas

Se aplicaron 42 encuestas en el centro de la comunidad de Xolostitla, seleccionando a los participantes de manera aleatoria para garantizar imparcialidad y minimizar posibles sesgos relacionados con edad, género u otras características (Anexo 2). Las encuestas se llevaron a cabo en distintos días y horarios para obtener una muestra representativa y diversa de la población, considerando preguntas abiertas y de opción múltiple (Figura 2). Además, se realizaron tres reuniones informativas en la comunidad de Xolostitla de Morelos, con la autorización de presidencia Municipal para dar a conocer el modelo piloto, mediante una sesión diseñada a partir de un plan de clase (Tabla 1).

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: _____

de entrevista _____

Nombre

Edad

Ocupación _____

Dirección _____

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a) Si
- b) No
- c) No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

¿De dónde obtienes agua?

- a) Caasim
- b) Lluvia
- c) Pozo
- d) Río
- e) Presa

¿Para qué actividades usas más agua?

- a) Labores del hogar
- b) Animales
- c) Agricultura
- d) Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- a) Sí
- b) No

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- a) Sí
- b) No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

Figura 2. Encuestas realizadas en la comunidad de Xolostitla de Morelos,
Epazoyucan, Hgo., México

Tabla 1. Plan de clase para las pláticas informativas realizadas en la comunidad de Xolostitla de Morelos, Epazoyucan, Hgo., México.

Plan de clase comunitario				
Datos generales				
Programa académico del que	Maestría en Gestión Ambiental			
Nombre del responsable del	Adriana Palomo Martínez			
Nombre de la clase :	Aplicaciones metodológicas de captación y procesamiento de agua para productores agropecuarios en Xolostitla de Morelos, Hidalgo			
Datos de la sesión				
Número de sesión:	1 de 1			
Lugar aplicación	Sala de lectura "Botiquín para el alma"			
Descripción del escenario de aplicación:	La sala de lectura es un espacio para aproximadamente 15 personas, cuenta con mesas y sillas para actividades escolares y de lectura. Tiene ejemplares de libros y es un espacio donde muchos niños asisten a realizar sus tareas escolares.			
Diagnóstico del grupo de trabajo:	La convocatoria se abrió al público en general por lo que se espera participación de un grupo mixto de personas de todas las edades y diversas ocupaciones.			
Problema a abordar:	Uso sustentable del agua			
Tema específico:	Captación, almacenamiento y procesamiento de agua gris y pluvial.			
Objetivo del tema:	Promover herramientas prácticas para recolectar, tratar y reutilizar el agua gris y pluvial en los hogares y la comunidad, fomentando el uso sustentable del recurso hídrico, concientizando acerca de su importancia y potencial de aprovechamiento.			
Aprendizaje(s) esperado (s)	Que los asistentes comprendan las tecnologías propuestas para captación, almacenamiento y procesamiento de agua.			
Tiempo total:	1.15 hrs			
Momentos para la enseñanza y el aprendizaje				
Estrategias didáctica:	4. Presentación de los asistentes y motivos por los cuales asistieron a la plática 5. Exposición de 30 min sobre la importancia del uso sustentable del agua 6. Lluvia de ideas sobre otras opciones para uso sustentable del agua y su percepción del tema			
Inicio				
Indicaciones para el grupo de trabajo	Tiempo	Recursos y/o materiales didácticos	Producto(s)	Instrumento de evaluación
2. Se realiza la presentación del ponente y los participantes del grupo, explicando la forma de trabajar y el reglamento del aula, se otorga un papelito con un número para la rifa final.	15 min	3. Computadora 4. Proyector	Reglamento del aula	2. Lista de asistencia
Desarrollo				
Indicaciones para el grupo de trabajo	Tiempo	Recursos y/o materiales didácticos	Producto(s)	Instrumento de evaluación
2. Exposición de la importancia del uso sustentable del agua, trípticos y manuales operativos	30 min	3. Computadora 4. Proyector	Presentación	2. Retroalimentación de los asistentes
Cierre				
Indicaciones para el grupo de trabajo	Tiempo	Recursos y/o materiales didácticos	Producto(s)	Instrumento de evaluación
1. Lluvia de ideas sobre la problemática de la escasez de agua y otras formas para adaptarse, y su perspectiva de lo mostrado	10 min	3. Hoja 4. Lapicero	Lluvia de ideas	1. Participación en la actividad de lluvia de ideas
2. Realización de rifa de regalos	10 min	3. Regalos 4. Papelitos 3. Bote	Foto	N/A
Estrategia(s) de evaluación:	Realizar comentarios de reflexión acerca de lo aprendido y su punto de vista del tema			
Adriana Palomo Martínez Nombre y firma del responsable de la sesión				

11.2 Construcción del SCALL+PET

11.2.1 Material

A continuación se muestra un listado de los materiales y herramientas utilizado para la construcción del muro de captación de agua pluvial con una capacidad de almacenamiento de 180 L. Sus dimensiones pueden variar dependiendo de los materiales utilizados, para este caso mide 1.30 m de largo, 80 cm de ancho y 3.10 m de alto. Su principal ventaja es el costo accesible y el reciclaje de materiales de desecho.

Listado de materiales utilizado y metodología para la construcción del SCALL+PET
(Adaptado de: <https://www.ekogroup2o.com/>).

Materiales:

- 60 botellas de PET de 3 L y 9 tapas
- 2 botellas de 10 L de PET con su tapa
- 10 blocks
- Cinta teflón
- Cinta de aislar
- 40 cm de malla de acero inoxidable o 2 coladores
- Pegamento de PVC
- 80 cm de tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgada
- 1.80 m de tubo de PVC de 4 pulgadas
- Lámina galvanizada de 1.10 m x 1.20 m
- Base de metal
- 2 codos de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada
- 2 válvulas de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada
- 1 válvula de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada
- 1.80 m de tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada
- Sellador de silicona a prueba de agua y aplicador
- 1 codo de PVC de 4 pulgadas

- 10 adaptadores hembra de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada
- 2 ramas de árbol de 2 m
- 10 tubo de PVC en forma “T” de $\frac{3}{4}$ pulgadas
- Espuma de poliuretano
- Thiner o solvente similar
- Metro de manguera industrial de $\frac{1}{2}$ pulgada flexible
- 350 gr de algodón industrial
- Grava gruesa $\frac{1}{4}$ de cubeta
- Arena fina $\frac{1}{4}$ de cubeta
- Cuerda (la cantidad depende del tamaño del ekomuro que se desea construir)
- 1 m de manta de cielo
- 250 gr de carbón activado

Herramientas:

- Cutter
- Serrucho, segueta o esmeril
- Tijeras
- Taladro
- Aplicador de sellador de silicón

11.2.2 Construcción

• Unión de botellas

54 botellas se lavaron por dentro y fuera y se dejaron secar. Cada una se perforó en la parte inferior, los agujeros tenían un diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgada (Figura 3). Los niples para unir las botellas consistieron en segmentos de tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada con una longitud de 3.5 cm, se cortaron 50 de estos segmentos (Figura 4). Los niples se envolvieron en la parte media con cinta teflón para sellar la unión entre la boca de las botellas y los huecos en la parte inferior (Figura 5). Las uniones se sellaron con silicón, se dejaron secar y se reforzaron con una capa de espuma de poliuretano (Figura 6).

Dos pares de botellas unidas con napas a presión se reforzaron por la parte externa del cuello de la botella rodeando con cinta teflón hasta que estuvo firme la unión (Figura 7), de tal manera que se obtuvieran “tubos” conformados por las botellas pareadas.

- **Base del ekomuro**

Estos tubos se colocaron sobre un colector de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas conformado por 12 segmentos o napas de 6 cm unidos en forma de “T”, además de otros tres segmentos de 9, 10 y 2 cm al final del colector para formar una “J” (Figura 8). A cada tubo en forma de “T” se le introdujo un adaptador hembra y se sellaron con pegamento de PVC, se dejaron secar. A cada punta de los adaptadores hembras se envolvió con cinta de aislar para que entraran a presión los cuellos de las botellas (Figura 9). Los extremos se envolvieron con cinta teflón y se conectaron con válvulas de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada, una a su vez se conectó con otro tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas donde posteriormente se unió el filtro (Figura 10).

- **Preparación del terreno**

El ekomuro se colocó en una superficie plana pegado a una pared que sirviera de soporte. Se apilaron 8 blocks haciendo una base para el ekomuro de aproximadamente 56 cm de alto y se enterraron dos ramas de árbol secas a los lados (Figura 11). Es posible sustituir material para mejorar el soporte y calidad, aunque el usar desechos abarata sustancialmente el costo del ekomuro.

En el techo justo en la parte superior donde se colocaron las botellas se agregó una base de metal con una lámina sujetada con alambre y una pendiente de 45° (Figura 12).

Para la canaleta, donde escurre el agua, se utilizó un segmento de 1.20 m de tubo de PVC de 4 pulgadas al cual se le cortó un tramo y se pegó en un extremo una tapa plástica comercial (Figura 13), y en el otro extremo se pegó un codo de PVC de 4 pulgadas con un colador de metal (Figura 14).

A la parte inferior de la base de metal se le amarró un hilo de yute haciendo conductos para que sujetara la canaleta con una ligera inclinación hacia la derecha (Figura 15).

- **Elaboración del filtro**

Se lavó con agua y jabón la arena y grava por separado, posteriormente se enjuagaron hasta que el agua salió transparente. Se dejaron desinfectar en agua con cloro al 0.5% por 20 minutos y se secaron al aire libre (Figura 16).

Se cortó un niple de 6 cm de tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada, se enrolló con cinta teflón ambos extremos y en un extremo se introdujo una válvula de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada, se fijó con pegamento de PVC (Figura 17). Se lavaron y secaron las botellas de 10 L. Se cortó el cuello de una botella y se realizó un orificio en la parte inferior para que entrara a presión el niple con válvula (Figura 18), por donde se colecta el agua filtrada. Se colocó silicon alrededor de la unión entre la botella y el tubo por la parte interna y externa de la botella. Se realizó otro orificio en la parte superior para la manguera flexible.

A otra botella de 10 L se recortó la parte inferior dejando un tramo de 5 cm (Figura 19). Se rodeó con cinta de aislar para que funcionara como una “tapa” (Figura 20). A la tapa de la botella se le realizó un orificio donde se colocó un tramo de tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada (Figura 21). Se introdujo una capa de algodón industrial de 10 cm de alto cubriendo perfectamente el cuello de la botella (Figura 22). Se colocó manta de cielo extendida que cubre toda la superficie del algodón con un sobrante, se introdujo el carbón activado y se cubrió con el sobrante de la manta de cielo, se introdujo la arena y la grava previamente desinfectadas. Se cerró con cinta de aislar (Figura 23).

- **Montaje del ekomuro**

A una tira de botellas se le cortó el cuello a la botella en el extremo y se le introdujo un tramo de tubo de PVC de 4 pulgadas de 65 cm de largo que se conectó con el codo de la canaleta (Figura 24). Al cuello de la botella, en el otro extremo, se le introdujo el extremo derecho de la base de PVC a modo que quedara vertical desde la caída de la canaleta con el extremo de la base, se colocaron todas las demás filas de botellas en cada tubo de PVC en forma de “T” de manera paralela (Figura 25). Conforme se fueron colocando, se entrelazaron con hilo del yute que fue deteniendo los cuellos de las botellas. En el extremo izquierdo inferior se conectó la base de PVC con el filtro (Figura 26). Al finalizar, se logró una estructura vertical (Figura 27).



Figura 3. Perforación de botellas



Figura 4. Niples de 3.5 cm



Figura 5. Envolver niples



Figura 6. Unión de botellas parte inferior



Figura 7. Unión de cuellos de botellas



Figura 8. Base para ekomuro



Figura 9. Segunda parte
base de ekomuro



Figura 10. Válvula de
extracción del filtro



Figura 11. Preparación de la
base



Figura 12. Área de
escurrimiento



Figura 13. Canaleta de PVC



Figura 14. Colador de metal



Figura 15. Canaleta montada



Figura 16. Lavado de arena



Figura 17. Llave inferior del filtro



Figura 18. Conexión con la botella



Figura 19. Corte de botella para filtro



Figura 20. Tapa de cinta de aislar



Figura 21. Salida de agua del filtro



Figura 22. Capa de algodón



Figura 23. Filtro armado



Figura 24. Caída de canaleta



Figura 25. Colocación de botellas en la base



Figura 26. Unión de ekomuro con el filtro



Figura 27. Ekomuro

11.3 Construcción de humedal artificial

11.3.1 Material

Listado de materiales a utilizar y metodología para la construcción del humedal artificial con una capacidad de 300 L con un tiempo de residencia hidráulica de cuatro días (Adaptado IMTA, 2022; Peralta et al., 2022; Rodríguez-González et al., 2013).

Materiales:

- 1 Alberca de fibra de vidrio de 2.60 x 1.60 x 0.50 cm
- 16 cubetas de grava
- 16 cubetas de arena
- 20 cubetas de tezontle
- 20 cubetas de arenilla
- 3 m de tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada
- Botella de PET de 10 L
- Silicón a prueba de agua
- 2 codos de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada
- 2 válvulas de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada
- 1 cubeta de 10 L con tapa
- 2.40 m de tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada

- 45 cm de tubo de PVC de 4 pulgadas
- Tambo o contenedor de 10 L
- 18 blocs
- 3 matas de *Typha latifolia* (tule)
- 3 matas de *Equisetum hyemale* (cola de caballo)
- 1 Tubo de PVC con forma “T” de $\frac{3}{4}$ pulgadas
- Espuma de poliuretano
- Algodón industrial 200 gr.
- Malla de acero inoxidable o colador
- 1 codo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas

Herramientas:

- Cutter
- Serrucho, segueta o esmeril
- Tijeras
- Taladro
- Aplicador de sellador de silicón

11.3.2 Construcción

• Preparación de la alberca

La alberca se colocó en una superficie ligeramente inclinada. Se realizaron tres orificios en los extremos, uno conecta con el tanque de carga, otro funciona como desfogue y el último con el de colecta. Se llenó con grava (al fondo), tezontle (segunda capa), arena (tercera capa) y arenilla (capa superior) (Figura 28). Cada capa mide aproximadamente 10 cm de alto. Se deja en el extremo del orificio de colecta una botella de 10 L. Se plantaron las matas de tule y cola de caballo intercaladas con 15 cm de separación entre ellas a lo largo de la alberca y con 30 cm de separación a lo ancho (Figura 29). En el orificio del extremo derecho de la piscina, que conecta con el tanque de carga, se colocó un tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada de 2.54 m de largo, conectado en forma de “T” a otros dos tubos de $\frac{1}{2}$

pulgada, cada uno de 1 m, para el sistema de riego. Estos tubos laterales fueron perforados cada 10 cm para distribuir el agua a lo largo de la alberca. (Figura 30).

En el orificio de desfogue se colocó un tubo de PVC de 4 pulgadas de 45 cm de largo, con el extremo de salida sellado con un colador metálico pegado con silicon y espuma de poliuretano, se recomienda usar algodón industrial antes del colador para evitar perder material como grava o arenilla (Figura 31). En el orificio de colecta se colocó un tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas unido a una válvula de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas fijado con silicon y espuma de poliuretano (Figura 32).

- **Trampa de grasa**

En una cubeta de plástico de 10 L, se colocó una lámina de plástico para separar dos espacios equitativos, dejando libre 5 cm en la parte inferior y superior, se fijó con pegamento epóxico de larga duración a prueba de agua (Figura 33).

Se realizaron dos orificios en la cubeta, uno a 5 cm midiendo de arriba hacia abajo y, en el otro extremo a 14 cm de la parte superior de la cubeta. En el orificio superior se colocó un tubo de 7 cm conectado a un codo previamente unido a un tramo de tubo de 10 cm por la parte interna de la cubeta, y por la parte externa se unió a una botella de plástico de 10 L sobre una base de blocks a una altura de 66 cm (Figura 34). En el orificio inferior dentro de la cubeta, se conectó un tubo de PVC de 13 cm conectado a una “T” de $\frac{3}{4}$ pulgada conectado a su vez con un segmento de 7 cm de modo que formaron una línea vertical en el interior de la cubeta. De manera que, al entrar el agua por el extremo superior (orificio donde se unió el codo), y subir el nivel, se llene la trampa de grasa y el agua pase a la alberca desde la “T”. Por la parte externa del orificio inferior, se conectó a una válvula de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgada que se unió con el extremo del tubo principal de 2.54 m de $\frac{3}{4}$ que sale hacia la alberca. (Figura 35). Todas las uniones se reforzaron con cinta y pegamento de PVC para garantizar que no existan fugas.

- **Montaje del humedal**

Se unió el tambo recolector (botella de plástico de 10 L) con la trampa de grasa y la alberca por medio de la tubería de $\frac{3}{4}$ pulgadas, previamente mencionada (Figura 36).



Figura 28. Llenado de piscina



Figura 29. Plantación



Figura 30. Canales de distribución



Figura 31. Tubo de desfogue



Figura 32. Llave de colecta



Figura 33. Barrera de trampa de grasa



Figura 34. Base de trampa
de grasa



Figura 35. Salida de trampa
de grasa



Figura 36. Montaje de humedal

11.4 Muestreo para análisis de agua

El muestreo se realizó de acuerdo a la Norma Mexicana “NMX-AA-003-1980”. Para el efluente se consideró el punto 5.2 “Muestreo en tomas”. Se abrió la llave de colecta del humedal y se dejó fluir 20 L de agua aproximadamente, posteriormente se colectaron dos litros de agua en un recipiente de PET limpio y se cerró. La muestra se etiquetó y se mantuvo a 4°C. Para el influente, se consideró el punto 5.4 de la norma “Muestreo en canales y colectores”. En la cubeta donde se recolecta el agua gris a tratar se enjuagó el recipiente repetidas veces antes de muestrear. Posteriormente, se introdujo en el agua a diferentes profundidades para asegurar representatividad y una vez colectados 2 L. de muestra aproximadamente, se cerró, se etiquetó y se colocó en una hielera. La muestra se transportó al Área Académica

de Química de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) donde fueron realizados los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. El análisis fisicoquímico incluyó pH, temperatura, grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), nitrógeno total, fósforo, arsénico, cadmio, cianuro, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, zinc y DQO. El análisis microbiológico incluyó Número más Probable (NMP) de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 horas, contacto directo e indirecto u ocasional.

Este mismo análisis se realizó para muestras de agua colectadas a partir del efluente del ekomuro.

11.5 Aplicación de acrilato de potasio

Se implementó una parcela de 9.60 m de largo por 3 m de ancho dividida en tres tratamientos experimentales, a los que llamaremos “secciones” divididas a su vez en tres surcos cada una, donde se sembraron tres líneas de plantas de Lavanda (*Lavandula angustifolia*) (Figura 37), separadas por 40 cm entre ellas. En una sección se aplicó medio litro de acrilato de potasio hidratado por metro lineal de la marca mexicana “Riego Sólido” (Figura 38) mezclado con la tierra antes de sembrar las plantas, en la segunda sección se sembraron las plantas sin aplicar ningún aditivo y se regaron de acuerdo a la bitácora en el Anexo 3 y en la tercera sección se sembraron sin aditivos ni riego (Figura 39). El riego a la sección 1 y 2 se realizó con el agua tratada en el apartado “Construcción de humedal artificial” y “Construcción de SCALL+PET” (Figura 40).



Figura 37. Plantas
sembradas



Figura 38. Acrilato de
potasio hidratado



Figura 39. Secciones



Figura 40. Riego

11.6 Análisis estadístico

Las respuestas de las encuestas se transcribieron en una hoja de cálculo para realizar un análisis descriptivo porcentual con las respuestas más frecuentes. Las respuestas abiertas fueron organizadas por frecuencia de frases relacionadas, de tal forma que cada pregunta contaba con un valor numérico representativo. Finalmente, con estos datos, las encuestas se agruparon mediante un Cluster Análisis utilizando el algoritmo de Ward con distancias euclidianas que permitían datos mixtos y 1000 bootstrap, mediante el programa Past v4.03 (Hammer et al., 2001). Los grupos formados facilitaron la identificación de domicilios con interés particular en la implementación de ecotecnias, también permitieron segmentar las encuestas acorde con situaciones de escasez hídrica similares o para identificar intereses particulares como agricultura o consumo.

En cuanto al ekomuro, para contrastar los datos de calidad del agua entre el influente y el efluente, se realizó una prueba de Wilcoxon en el programa Past v4.03 (Hammer et al., 2001).

Para el humedal artificial también se realizó un contraste de calidad entre el influente y el efluente, cada dos meses. Sin embargo, debido a la entrada de materia orgánica y otras variaciones, los resultados arrojan datos contaminados. Por ello, los datos de calidad de agua fueron contrastados, después de una transformación para dimensionar las diferencias con la fórmula: $di = \sqrt{i - e^2}$ donde di equivale a la diferencia absoluta entre el valor de cada indicador de calidad entre el influente (i) y

el efluente (e). Con estos valores, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía, previa comprobación de la normalidad, para establecer si había diferencias entre meses. Esta medida a lo largo de los meses se realizó para evaluar si el humedal mantenía su capacidad aún en condiciones meteorológicas contrastantes. Esto se realizó mediante el programa Past v4.03. Para establecer cuáles indicadores de calidad eran los más importantes para diferenciar cada mes, se realizó un Análisis de Componentes Principales (Past v4.03) y su ordenamiento correspondiente por un gráfico biplot en Excel para visualizar los datos.

Finalmente, para establecer el efecto del acrilato con riego procedente del humedal y del ekomuro, semanalmente se monitoreaban las plantas, poniendo especial atención en el cambio de coloración de las hojas, y se medía su crecimiento en centímetros con un metro desde la base el tallo hasta el ápice para lo alto, y de lo ancho se midió de extremo a extremo entre las ramas con mayor extensión lateral. Estas medidas se registraron en una bitácora (ver Anexo 3). Así como también, semanalmente se observaba la presencia-ausencia de puntas secas y cambio en la coloración de la planta. El contraste entre tratamientos se realizó usando PERMANOVA serial considerando la distancia de Gower, ya que se contaba con dos atributos continuos (altura y el ancho) y tres categorías ordinales sobre la apariencia (presencia-ausencia de puntas secas, cambio en la coloración y presencia de flores). Para determinar si una planta tenía una mejor o peor apariencia se observaban las plantas, poniendo atención al color de las hojas, (si se veían de color verde o amarillento). Mediante el tacto se analizaba si había necrosis apical (puntas secas), y se observaba si la planta estaba en floración. Para darles un valor cuantitativo se numeraron de la siguiente forma: para la apariencia se usó una escala de tres puntos. Se le otorgó el valor de 3 a una planta con buena apariencia (saludable); el valor de 2, si la condición era regular (enfermiza); y el valor de 1 si la apariencia era mala (presentaba señales claras de marchitamiento o deterioro severo). Para el caso de la floración, si había presencia de ésta, se le asignó el valor de 2, y si las flores estaban secas o no había floración, se le asignó el valor de 1. Finalmente, para la coloración foliar, si presentaban una pigmentación amarillenta,

se les asignó el valor de 1. En contraste, si las hojas eran de color verde, se le asignó el valor de 2.

Este análisis no paramétrico multivariado consideró como factores al tratamiento (con tres categorías: acrilato + riego, riego, sin riego) y el tiempo en semanas (con seis tiempos: 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13).

12. RESULTADOS

12.1 Análisis de encuestas

La mayoría de los encuestados (29 de 42) fueron mujeres, con una edad promedio de 45 ± 21 años (min. 16, máx. 85). Los trece hombres encuestados tuvieron una edad promedio de 44 ± 20 años (min 16, máx 80), por lo que el grupo fue heterogéneo y dominado por mujeres.

El 95% de los encuestados considera que existe una problemática relacionada con la disminución de la lluvia en los últimos años, y que esto les afecta directamente (Figuras 41 y 42), sobre todo en las actividades agrícolas, lo cual ha obligado a suspenderlas. Otro aspecto mencionado que es afectado por la sequía son las actividades domésticas (Figura 43 y 44). Aun cuando todos conocen sobre captación de agua y la necesidad de rehuso (Figura 45), en la comunidad se cuenta con poca infraestructura (Figura 46), y no se ha implementado ninguna tecnología de captación además de la acumulación tradicional en tambos, reutilización de agua gris sin tratamiento para riego, solicitud de pipas de agua o elaboración de cisternas.

Su principal fuente del líquido son los servicios proporcionados por el estado (Figura 47), por lo que su disposición está limitada por el abasto del recurso y el costo del volumen que utilicen. Las personas que conocen formas de captación de agua sólo conocen los SCALL tradicionales (Figura 48), por lo que 96% están dispuestos a utilizar nuevas tecnologías en su hogar (Figuras 49).

Cerca del 70% de los entrevistados no conocen, o dicen no saber, de ninguna forma de captación o procesamiento de agua que se haya implementado en su comunidad (Figura 50). Sin embargo, el 20% de las personas mencionaron la filtración como opción para purificar el agua (Figura 51). Comentan que reúsan el

agua gris aunque no sabían que se le debe dar un tratamiento previo para su reutilización.

Entre las características que les gustaría que tuviera un sistema de captación y procesamiento de agua para implementarlo en su hogar destacan lo económico, facilidad de utilización y que reúna un volumen alto (Figura 52).

El análisis del discurso de las preguntas abiertas mostró que durante la realización de las encuestas, las personas comentaban experiencias relacionadas con la escasez de agua en su comunidad. Todas coinciden que el agua es un recurso no renovable y es urgente implementar sistemas para su ahorro, reutilización y aprovechamiento sustentable. También mencionaron la distribución desigual de agua potable, el desperdicio que tienen algunas personas y la contaminación de fuentes de agua donde anteriormente podían abastecerse como la presa “El Girón” y el río que desemboca en esa presa, consideran que por desconocimiento del daño al ambiente, no se preservaron estas fuentes. Por estas razones, entre otras, las personas entrevistadas están motivadas a la implementación de sistemas de captación, procesamiento y almacenamiento de agua de diversas fuentes que sean rentables y accesibles para ellos.

El análisis de agrupamiento (Figura 53) conformó seis grupos de encuestados. En los grupos 4, 5 y 6 (Distancia: 75, % Bootstrap: 55) observamos a personas mayores de 50 años que utilizan más el agua para la agricultura y la cría de animales. Por otro lado, los grupos 1, 2 y 3 (Dist: 30, Botts: 60) reflejan personas más jóvenes con un mayor conocimiento de formas de captación y procesamiento de agua así como una mayor exigencia en las características que les gustaría que tuviera el sistema de captación y procesamiento de agua para implementarlo en su hogar. Cabe señalar que los grupos 3 y 4 se encuentran en la misma rama (Dist: 35, Botts: 52), por lo que se podrían considerar mixtos en cuanto a edad y la disposición para implementar los sistemas de captación de agua. Los grupos 5 y 6 serían los más necesitados de las ecotecnias, mientras que el 1 y 2 son los que tienen más conocimiento sobre su uso.

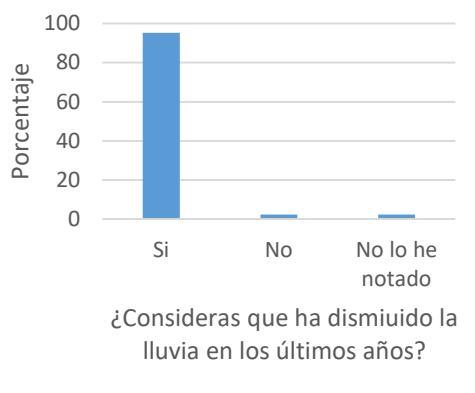


Figura 41. Percepción de la disminución de la lluvia

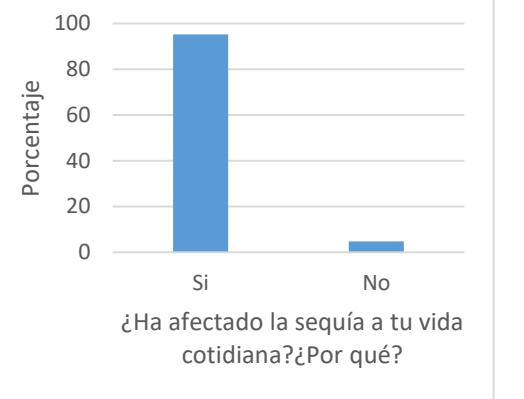


Figura 42. Personas afectadas por la sequía

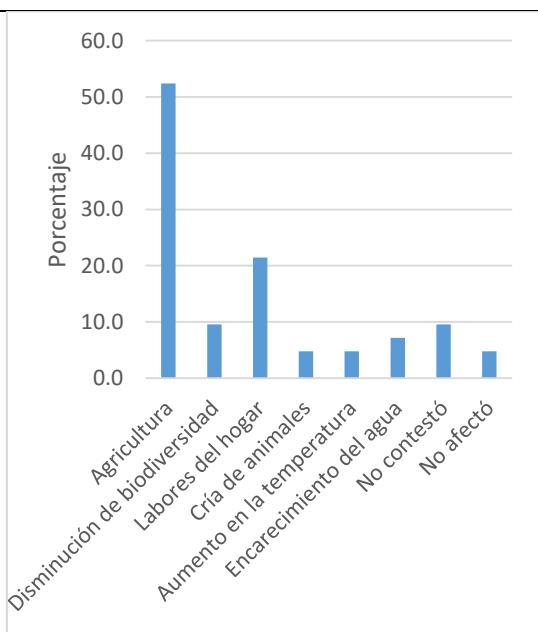


Figura 43. Áreas de afectación por la sequía

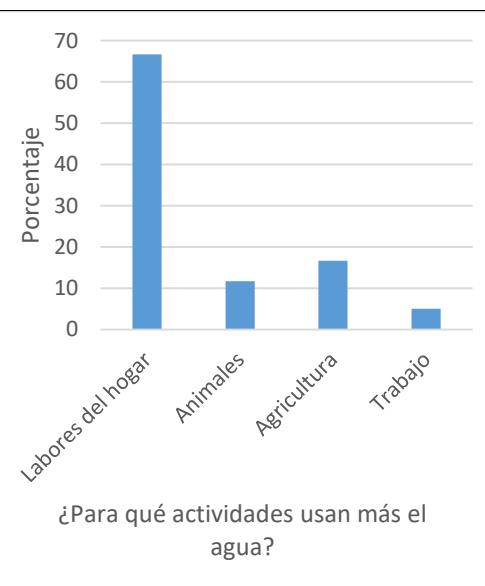


Figura 44. Actividades donde usan el agua

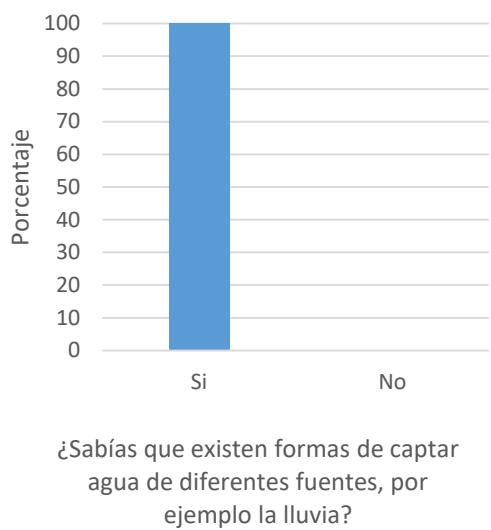


Figura 45. Personas que conocen formas de captación de agua

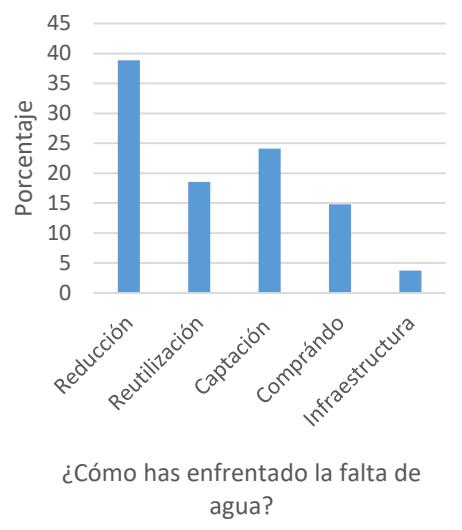


Figura 46. Formas de enfrentar la falta de agua

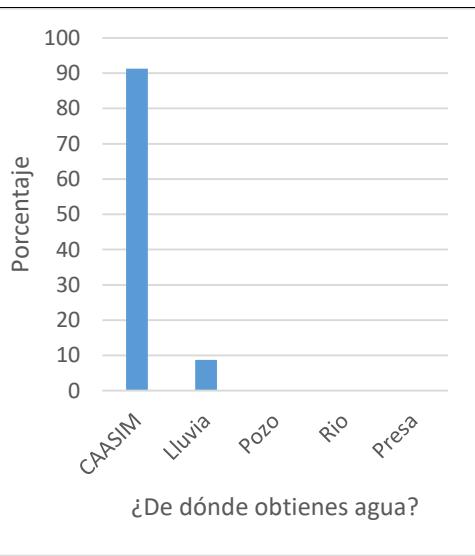


Figura 47. Formas de obtención de agua

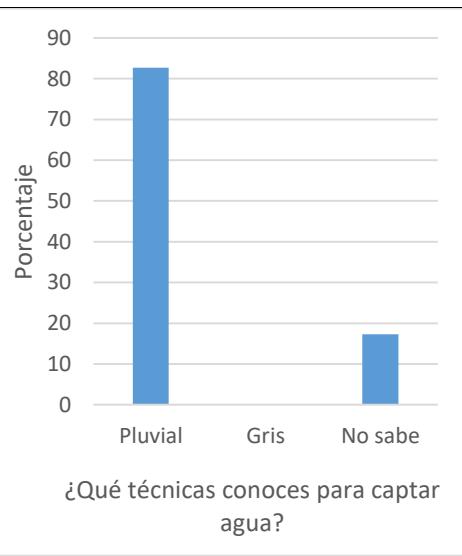
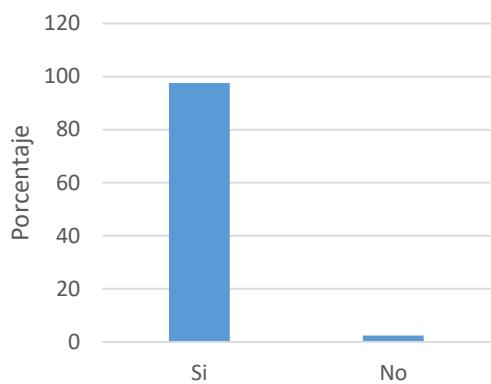
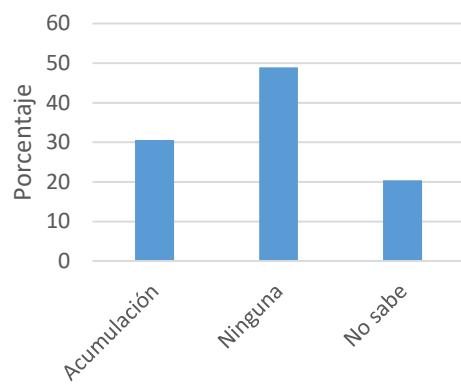


Figura 48. Formas de captación de agua que conocen



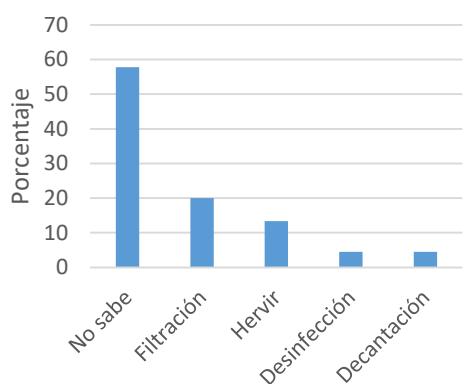
Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

Figura 49. Porcentaje de aceptación de tecnologías de agua



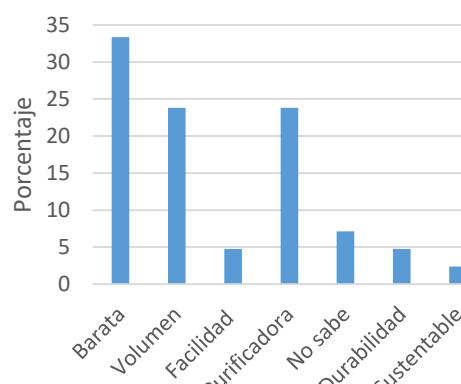
¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

Figura 50. Técnicas de captación empleadas en la comunidad



¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

Figura 51. Formas de procesar agua que conocen



¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y...

Figura 52. Características de los SCALL para que los implementen

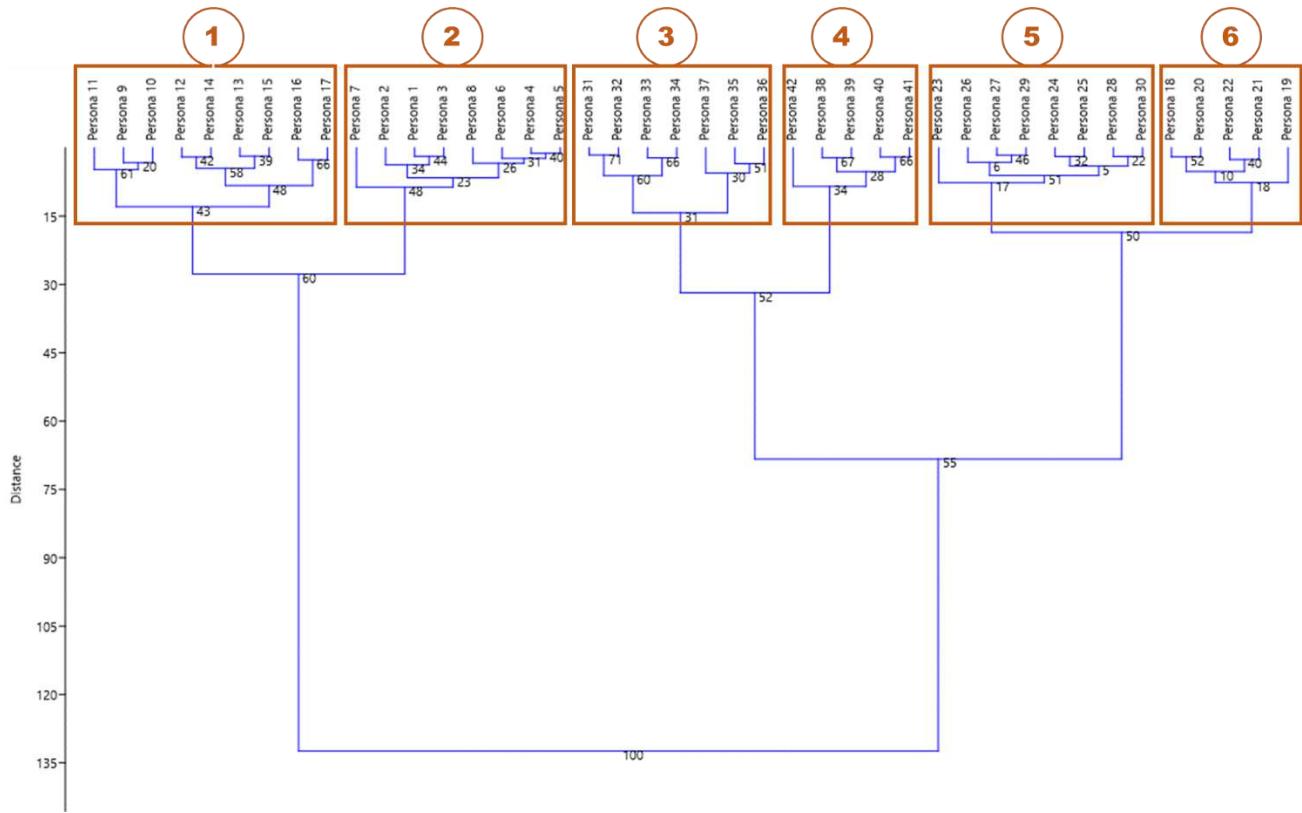


Figura 53. Agrupamiento de encuestas mixtas sobre temas hídricos realizada durante este estudio en Epazoyucan, Hidalgo, México.

12.2 Análisis de agua del ekomuro

El análisis de agua procedente el efluente del ekomuro no mostró diferencias significativas entre meses (Tabla 2), por lo que se concluye que el agua tiene una calidad similar. Cabe destacar que los coliformes totales se encuentran en exceso, con relación a la norma, en todos los meses (Tabla 3). El resto de los atributos evaluados se encuentran dentro de la norma.

Tabla 2. Comparación de efluentes del ekomuro en Julio y Octubre 2024. Usando una prueba de Wilcoxon. Como se observa, no hay diferencias significativas entre la calidad del agua entre meses.

Wilcoxon test :				
W :	48			
Normal appr. z :	1.5076	p (same median):	0.1317	
Monte Carlo (n=99999):	p (same median):	0.22774		
Exact:	p (same median):	0.22656		

Tabla 3. Resultados del análisis de la calidad del efluente del ekomuro creado en este trabajo y comparación con los límites máximos permitidos por las normas aplicables.

Parámetro	Unidades	NOM-001-SEMARNAT-2021	NOM-003-SEMARNAT-1997	Julio	Octubre	Promedio	Desviación Estándar
pH	u. de pH	6 - 9		7.60	4.95	6.28	1.87
Temperatura	°C	35		14.00	14.00	14.00	0.00
Grasas y aceites	mg/l	15	15	6.00	14.10	10.05	5.73
Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente	0.00	0.00	0.00	0.00
Sólidos sedimentables	mg/l			0.20	0.10	0.15	0.07
Sólidos suspendidos	mg/l	20	100	15.00	79.00	47.00	45.25
Demandía Bioquímica	mg/l	20		77.60	320.00	198.80	171.40
Nitrógeno Total	mg/l		N/A	0.10	0.10	0.10	0.00
Fósforo	mg/l		N/A	0.10	0.10	0.10	0.00
Arsénico	mg/l		0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Cadmio	mg/l		0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Cianuro	mg/l		1.5	0.00	0.00	0.00	0.00
Cobre	mg/l		5	0.30	1.80	1.05	1.06
Cromo hexavalente	mg/l			0.00	0.10	0.05	0.07
Mercurio	mg/l		0.005	0.00	0.00	0.00	0.00
Níquel	mg/l		2	0.10	0.00	0.05	0.07
Plomo	mg/l		0.2	0.10	0.10	0.10	0.00
Zinc	mg/l		10	0.00	0.00	0.00	0.00
DQO	mg/l	150		103.50	430.00	266.75	230.87
NMP de Organismos Coliformes Fecales incubados a 44° C de 24 a 48 h. Contacto directo	NMP/ 100 ml	1000		2000.00	Incontable	2000.00	0.00
NMP de Organismos Coliformes Fecales incubados a 44° C de 24 a 48 h. Contacto indirecto y ocasional	NMP/ 100 ml	240		150.00	500.00	325.00	247.49

12.3 Análisis de agua del humedal artificial

Los resultados del análisis de agua (Tabla 4), muestran diferencias entre efluente e influente, sobre todo en los meses de abril y julio. En particular, en septiembre hubo cambios importantes respecto a los otros meses evaluados en algunos indicadores como sólidos sedimentables y DQO. El efluente tiene menos coliformes que el influente, pero solo en abril, julio y septiembre ($34.86 \pm 8.02\%$ de

remoción); en octubre no hay diferencias apreciables (7.14 % re remoción) (Tabla 5).

Tabla 4. Porcentaje de remoción de contaminantes en el humedal artificial analizado. Comparación de los valores obtenidos en el influente y efluente, con los porcentajes de remoción de contaminantes entre algunos meses del 2024.

Parámetro	Unidades	NOM-001-SEMAR AT-2021		NOM-003-SEMAR AT-1997		Abril			Julio			Septiembre			Octubre		
		Influyente	Efluente	% de remoción	Influyente	Efluente	% de remoción	Influyente	Efluente	% de remoción	Influyente	Efluente	% de remoción	Influyente	Efluente	% de remoción	
pH	u. de pH	6 - 9		6.13	8.1		5.84	7.16		5.87	6.7		5.4	4.5			
Temperatura	°C	35		14	14		14	14		14	14		14	14			
Grasas y aceites	mg/l	15	15	20.8	13.5	35.10	18.5	12.1	34.59	18.1	9.6	46.96	19	12.6	33.68		
Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente														
Sólidos sedimentables	mg/l			9	0.1	88.89	12	0.3	97.50	0.1	0.2	-100.00	0.5	2	-300.00		
Sólidos suspendidos	mg/l	20	100	148.7	17	88.57	109.8	23.3	78.78	151	125	17.22	112	88	21.43		
Demanda Bioquímica	mg/l	20		255	228	10.59	258	232.5	9.88	510	315.3	38.18	353.2	350	0.91		
Nitrógeno Total	mg/l			N/A	0.1	0	0.1	0.1	0.00	0.3	0.1	66.67	0.2	0.1	50.00		
Fósforo	mg/l			N/A	0.2	0.1	50	0.1	0.00	0.2	0.1	50.00	0.1	0.1	0		
Arsénico	mg/l	0.15															
Cadmio	mg/l	0.15	0.05	0.05	0	0.05	0	100.00		0.05				0.05			
Cianuro	mg/l	1.5															
Cobre	mg/l	5	1.4	1	28.57	1.3	1	23.08	1.8	0.8	55.56	1.4	1	28.57			
Cromo hexavalente	mg/l			0.2	0.2	0	0.1	0.2	-100.00	0.1	0.1	0	0.1	0.1			
Mercurio	mg/l	0.005												0			
Níquel	mg/l	2	0.1	0.1	0	0.1	0	100.00		0.1			0	0.1			
Pbomo	mg/l	0.2	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.00	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0		
Zinc	mg/l	10	0.3	0.3	0	0.1	0	100.00		0.1							
DDO	mg/l	150		340	304	10.59	380	310	18.42	680	420.5	38.16	471	466.5	0.96		
NMP de Organismos Coliformes Fecales incubados a 44°C de 24 a 48 h. Contacito directo	NMP/ 100 m	1000															
NMP de Organismos Coliformes Fecales incubados a 44°C de 24 a 48 h. Contacito indirecto y ocasional	NMP/ 100 m	240		1380	980	28.99	1250	700	44.00	950	650	31.58	700	650	7.14		

Tabla 5. Análisis de ANOVA para el contraste de los contaminantes entre meses. El análisis reveló diferencias significativas entre los valores de los contaminantes, p<0.05, hay diferencias significativas entre al menos un mes.

Test for equal means					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p (same)
Between groups:	7.43858	3	2.47953	3.731	0.0167
Within groups:	34.5614	52	0.664643	Permutation p (n=99999)	
Total:	42	55	0.01805		
Components of variance (only for random effects):					
Var(group):	0.129635	Var(error):	0.664643	ICC:	0.163211
omega2:	0.1276				
Levene's test for homogeneity of variance, from means	p (same):	0.07539			
Levene's test, from medians	p (same):	0.1221			

Estas diferencias son importantes de acuerdo con el análisis de varianza (Tabla 5). Lo que se aprecia mejor en el Análisis de Componentes Principales (ACP) (Tabla 6), donde dos componentes explican hasta en un 91% de la variación entre meses, con la mayor correlación hacia SS, ST y

pH en el componente principal 1 y respecto a P, Ni y Cr sobre el componente principal 2, cabe mencionar que la correlación Ni y Cr es negativa (Figura 54). La separación entre meses sugiere variaciones estacionales, los puntos cercanos sugieren similitudes en eficiencia de remoción.

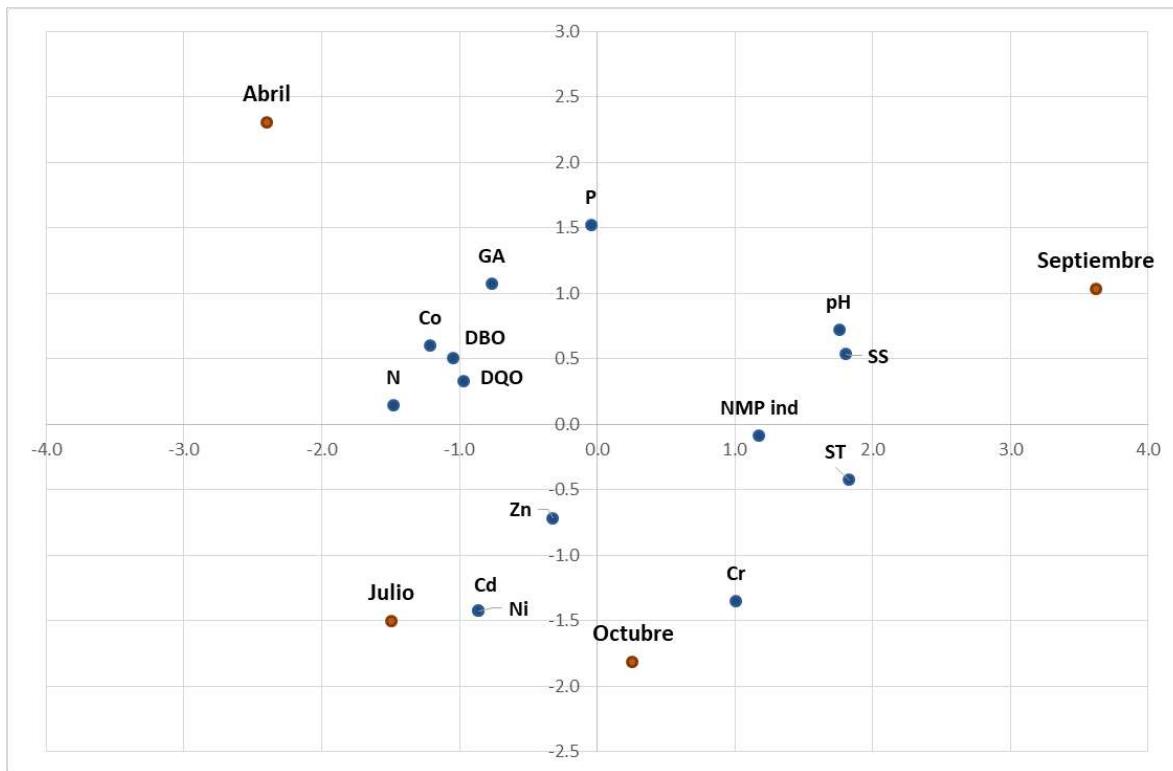


Figura 54. Análisis de Componentes Principales. Considerando contaminantes detectados en el humedal artificial analizado durante cuatro meses.

Tabla 6. Scores obtenidos por el ACP para los atributos de calidad de agua entre meses evaluados en el humedal artificial analizado.

	F1	F2
pH	1.7551	0.72329
GA	-0.76571	1.0715
ST	1.8276	-0.42495

SS	1.8042	0.53767
DB	-1.0499	0.50396
N	-1.4811	0.14517
P	- 0.045628	1.5197
Cd	-0.8605	-1.4247
Co	-1.2137	0.60286
Cr	1.0066	-1.3496
Ni	-0.8605	-1.4247
Zn	-0.32224	-0.71677
DQO	-0.97082	0.326
NMP ind	1.1766	- 0.089395
Eigenvalue	1.535240	0.892467
Varianza acumulada	57.747	33.558
% de varianza explicada	57.747	91.305

Se señalan en rojo los indicadores con mayor importancia en la correlación.

12.4 Análisis del crecimiento de las plantas de Lavanda con acrilato de potasio

El crecimiento y apariencia de las plantas de lavandas difiere entre tratamientos. El tratamiento con mejores atributos que el resto (tamaño, ausencia de puntas secas, coloración estable y presencia de flores) es Acrílico+Riego ($F = 5.7$, $p = 0.0022$). En cuanto al tiempo (trece semanas), también hay diferencias significativas, sobre todo en tamaño ($F = 5.182$, $p=0.001$), durante la primera semana ($p < 0.0076$). Las variables que explican estas diferencias fueron ancho entre tratamientos, y color, alto y ancho entre tiempos (Tabla 8). Sin embargo son factores independientes al no haber interacción entre tiempo-tratamiento.

Tabla 7. PERMANOVA de dos vías. Muestra diferencias significativas entre los tratamientos y a lo largo del tiempo.

Source	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p
Tratamiento	0.55595	2	0.27798	6.3968	0.0004
Tiempo	1.4048	6	0.23413	5.3878	0.0001
Interaction	0.36612	12	0.03051	0.7021	0.7966
Residual	7.3005	168	0.043455		
Total	9.6273	188			
Permutation N:	9999				

Tabla 8. PERMANOVA serial para los atributos de crecimiento de plantas de lavanda, comparando ancho y altura (cm), color y apariencia entre tratamientos (Acrílico + Riego, Acrílico, Sin nada) y en los diferentes tiempos (1, 3, 5, 7, 11 y 13 semanas). Se muestran en rojo los valores de F inferiores al total, lo que representa una pérdida de capacidad discriminante al eliminar este atributo.

	Tratamientos	Tiempo
Ancho	5.027	5.175
TOTAL	5.7	5.182
Flores	5.724	5.262
Apariencia	6.72	6.308
Color	7.737	4.694
Alto	10.07	4.262

Los resultados de contraste en las variables identificadas por el PERMANOVA serial, muestran que de la semana 1 a 3 los valores del alto de las plantas no hay diferencias, y después de la semana 7 hay un incremento significativo (Tabla 9; Figura 54).

Tabla 9. Resultado de la prueba de contraste de la altura (cm) de las plantas de lavanda medidas en seis tiempos durante 13 semanas, después de analizar los datos con un PERMANOVA pareado. En la intercepción de una columna y renglón se indica el valor de probabilidad (p). Se observan cambios significativos a partir de la semana 5; los números en rojo indican diferencias estadísticamente significativas en la altura de la lavanda.

	Altura semana 1	Altura semana 3	Altura semana 5	Altura semana 7	Altura semana 9	Altura semana 11	Altura semana 13
Altura semana 1		0.5597	0.0076	0.0001	0.0003	0.0001	0.0001
Altura semana 3	0.5597		0.0093	0.0001	0.0007	0.0008	0.0001
Altura semana 5	0.0076	0.0093		0.1257	0.3288	0.11	0.0783
Altura semana 7	0.0001	0.0001	0.1257		0.1201	0.0061	0.0049
Altura semana 9	0.0003	0.0007	0.3288	0.1201		0.4716	0.6196
Altura semana 11	0.0001	0.0008	0.11	0.0061	0.4716		0.9037
Altura semana 13	0.0001	0.0001	0.0783	0.0049	0.6196	0.9037	

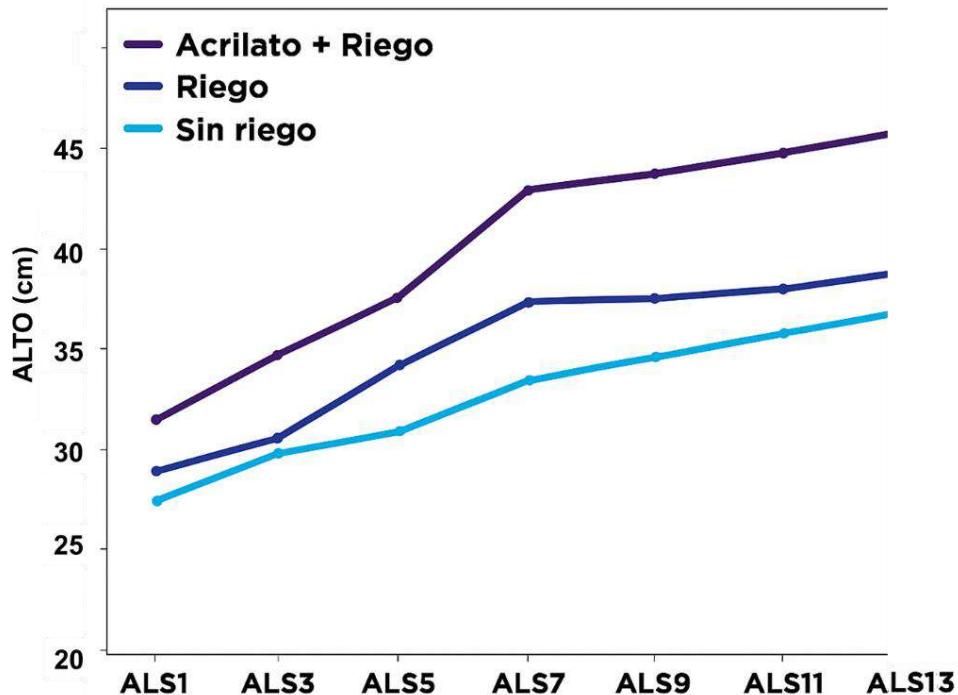


Figura 55. Altura (AL) de las plantas de lavanda creciendo bajo tres tratamientos por semana (S1, S3, S5, S7, S9, S11 y S13). Se observa mayor incremento gradual a partir de la semana 7. Sin embargo el Acrílico + Riego muestra un desarrollo significativamente mayor.

En cuanto a la apariencia, que se vieran sanas o enfermizas, no hay un patrón definido durante las primeras tres semanas, pero a partir de la tercera, las plantas sin riego y sin acrílico decayeron hasta la séptima semana, después de eso tuvieron una recuperación paulatina coincidente con la época de lluvias. Al final del ensayo, la mejor apariencia (sanas, sin clorosis, sin necrosis de puntas y con flores) les correspondía a las plantas con Acrílico+Riego (Figura 56).

En cuanto al color de las plantas, todos los tratamientos presentaron coloración amarillenta desde la tercera semana, con un máximo de decoloración a la séptima semana. Al inicio de la época de lluvias todas las plantas mejoraron su color, aunque nuevamente las de mejor apariencia fueron las que tenían Acrílico+Riego (Figura 57).

En lo referente al ancho de las lavandas, las plantas con los tres tratamientos iniciaron con un crecimiento lento. Pero las plantas a las que se aplicó el Acrílico+Riego tuvieron un desarrollo más homogéneo a lo largo de las semanas, en comparación de las plantas con riego y sin riego, que a partir de la semana 7 comenzaron a crecer notablemente (Figura 58).

Finalmente, en cuanto a la presencia de flores en las plantas de lavanda, las que tuvieron Acrílico+Riego mantuvieron un nivel mayor de floración, en contraste con las de riego y sin riego, cuyos valores se mantuvieron por debajo del tratamiento con Acrílico (Figura 59).

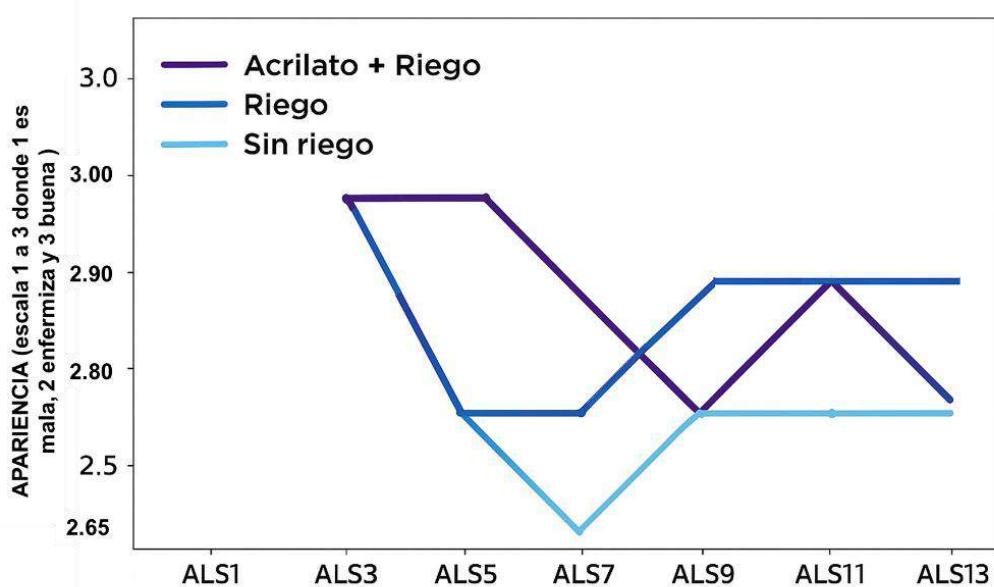


Figura 56. Apariencia (AP) de las plantas de lavanda. Creciendo bajo tres tratamientos durante 13 semanas (S1, S3, S5, S7, S9, S11 y S13). No hay un patrón específico, sin embargo los picos de caída y subida de las gráficas se ven influenciadas por las variaciones estacionales.

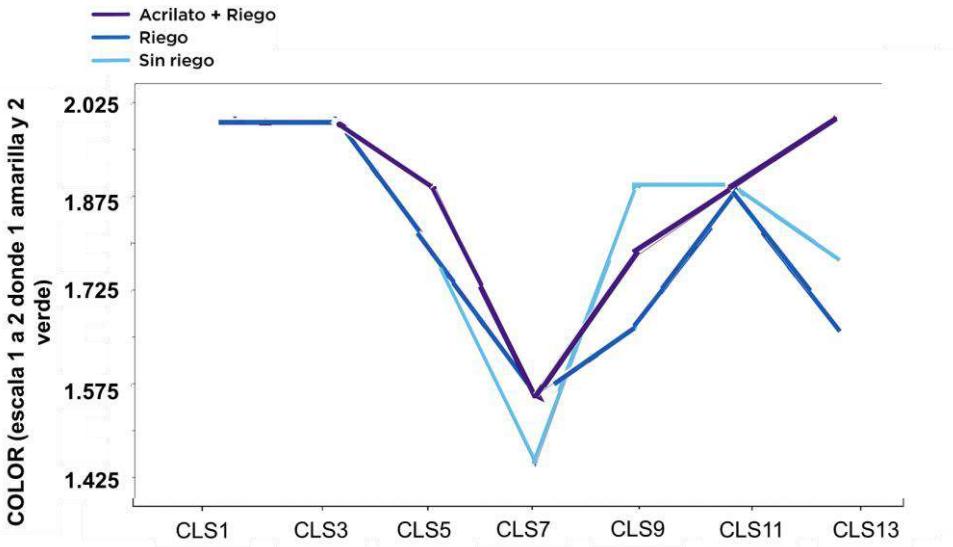


Figura 57. Color de las plantas de lavanda (CL). Creciendo bajo tres tratamientos durante 13 semanas en un humedal artificial. Valores de color; Amarillo: 1 y Verde: 2. Todos los tratamientos mostraron variaciones; el Acrílico + Riego fue el mejor a la semana 13.

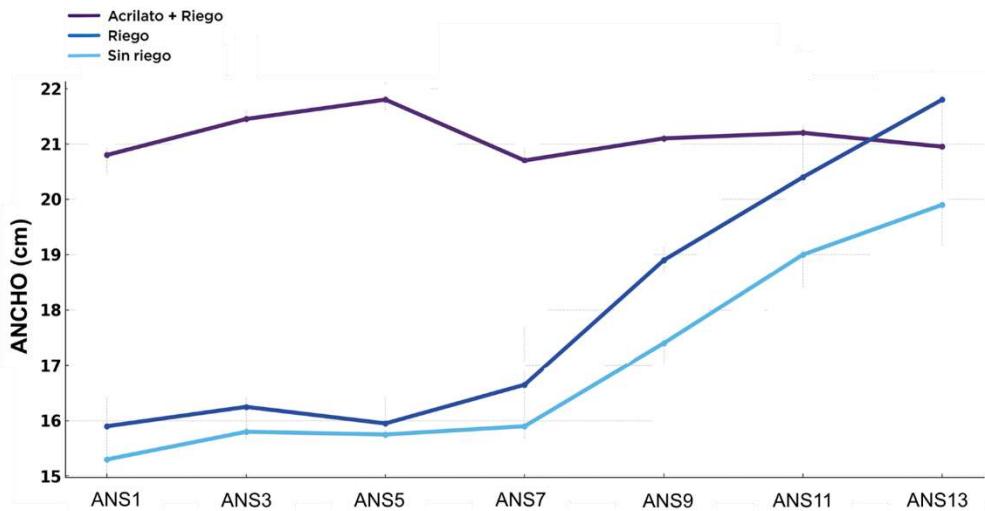


Figura 58. Ancho de las lavandas (AC). El Acrílico + Riego favoreció el crecimiento de las plantas, con riego y sin riego se desarrollaron más lento.

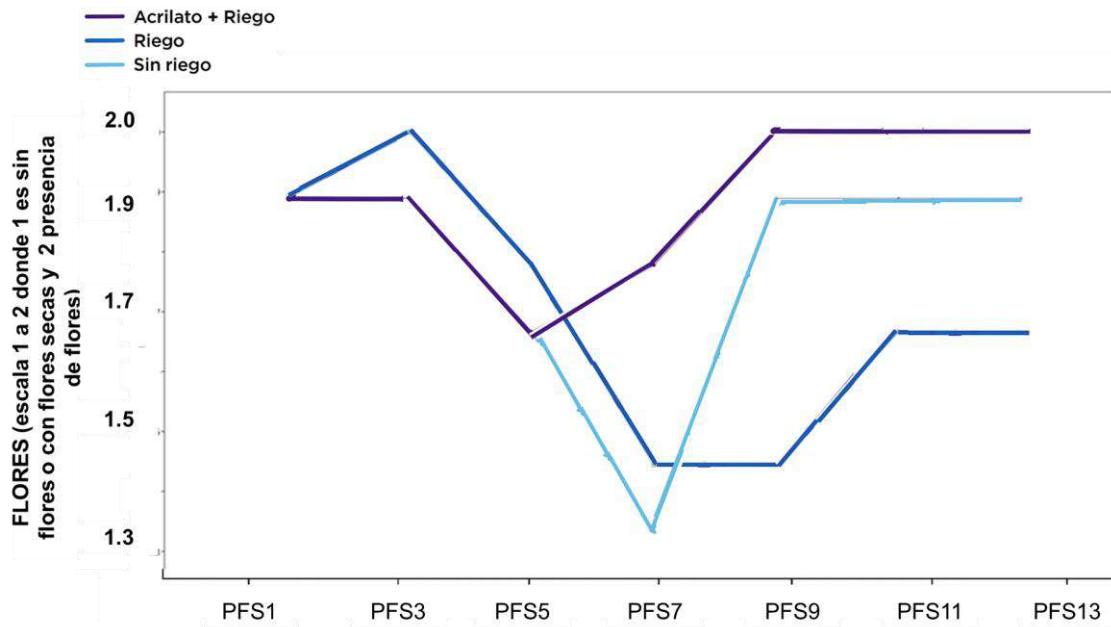


Figura 59. Presencia de flores (PF) de las lavandas. Acrilato + Riego mostró mayor floración en las plantas de lavanda mientras que sin riego y con riego se ve un aumento después de la semana 7.

13. DISCUSIÓN

13.1 Encuestas y educación ambiental.

Xolostitla de Morelos es una comunidad perteneciente al municipio de Epazoyucan, cuya población es de 1217 personas (INEGI, 2020), por lo que la encuesta solo representa el 3.45 % del total poblacional, lo que en general se consideraría una baja representatividad (Hernández, Fernández & Baptista, 2010). Sin embargo, hay que considerar que de las 1217 personas 75 son bebés de 0 a 5 años y 190 son jóvenes de 6 a 14 años; cuya información no contribuye realmente al conocimiento sobre la problemática a tratar (pueblosamerica.com, 2020). Por otro lado, en la muestra se incluyeron encuestas clave al dirigirse a una parte del sector agropecuario con la experiencia necesaria para establecer parámetros comparativos del problema, los miembros de los grupos 4, 5 y 6 cuya edad promedio es de 62 ± 12 años. Por lo tanto, la información obtenida es relevante y representativa de la situación actual en la región.

Finalmente, los análisis estadísticos asumen que con 30 datos es posible la tendencia a la centralidad y por lo tanto un acercamiento a la distribución normal (Daniel, 2011), por lo que se cuenta con representatividad numérica, aun cuando los análisis fueron descriptivos.

El hecho de que resalten los miembros de los grupos 4, 5 y 6 puede deberse a que en México casi el 60% de la población rural tiene más de 50 años, propiciado por la migración de jóvenes. Así mismo, es el grupo de edad dedicado a actividades agrícolas y ganaderas y el 60% de los adultos mayores son propietarios de la tierra que trabajan (SAGARPA & FAO, 2014). Otro factor relacionado con la disminución de las actividades agrícolas es que estas dependen de las lluvias y, ante el cambio climático, muchas cosechas se pierden lo que contribuye a que los jóvenes abandonen la agricultura en busca de otras fuentes de ingreso (Ceballos, Sergio & Nopal, 2021).

Aunque el 96% de los encuestados mencionó que están dispuestos a implementar tecnologías de almacenamiento y captación de agua, los grupos 4, 5 y 6 son los que presentan mayor potencial de aceptación y uso del mismo, puesto que es el que requiere la implementación para sus actividades. Los grupos 1, 2 y 3 por su parte, al ser más jóvenes tienden a tener mayores grados de escolaridad (SAGARPA & FAO, 2014), incluyendo educación ambiental en el cuidado del agua, por lo que conocen más acerca de temas de captación y procesamiento de agua, lo que genera que estén interesados en implementar tecnologías para estos fines por los beneficios que les puede generar, no necesariamente agrícolas (Cervera, Martí & Alejo, 2015).

Más del 70% de las personas de ambos grupos conocen formas de captación de agua tradicionales principalmente pluvial. Sin embargo, poco más del 50% de los encuestados conoce algún método de procesamiento del agua. Es de suponerse que este patrón obedece a la información histórica sobre la necesidad de captación de agua pluvial (Avelar et al., 2019). Por otro lado, el procesamiento de agua ha sido difundido en fechas recientes como una alternativa para solucionar problemas de sequía (Ortega-Gaucin, 2018). Por lo cual, los que más conocen del tema son los jóvenes.

Por otro lado, se convocó a cuatro pláticas informativas, de las cuales solo se realizaron tres a un total de 12 personas, la última plática no tuvo asistentes. Cabe recalcar que las encuestas se realizaron durante el 2023, año en que se registró una de las sequías más severas en México (CONAGUA, 2023). En consecuencia, las personas percibían el problema como algo tangible y urgente de resolver. Por el contrario, las pláticas informativas se realizaron en octubre del 2024, año que presentó gran cantidad de lluvia (SMN, 2024).

La sequía puede percibirse como un problema cuando el agua escasea; es decir, la gente tiende a asociar la sequía directamente con la falta de lluvia, lo que los lleva a minimizar el problema cuando llueve, ya que experimentan una sensación inmediata de alivio y la impresión de que el problema ha terminado. Sin embargo, no consideran que la sequía es un fenómeno más complejo y a largo plazo (Velasco et al., 2005). Centrarse en el presente y olvidar los problemas pasados contribuye a esta idea errónea. Cuando llueve, la gente olvida las dificultades experimentadas durante la sequía y no considera que pueda ser un problema recurrente o progresivo, perdiendo así el interés en el tema. Para lograr un enfoque objetivo del problema de la sequía, es necesario llevar a cabo más campañas de divulgación y educación ambiental que promuevan la participación ciudadana (Ortegón et al., 2005).

13.2 Ekomuro

La calidad del agua se mantiene relativamente estable y cercana a la media los dos meses analizados, lo que se aprecia en parámetros como nitrógeno, fósforo y plomo. Sin embargo, hay valores como la DBO y los Organismos Coliformes Fecales que varían. Al respecto Romero et al. (2013) mencionan que la calidad del agua de lluvia presenta variaciones debido al método y periodo de captación, además del recorrido en el ambiente que pueden proporcionarle contaminantes externos. Sin embargo, la prueba de Wilcoxon indica que no hay diferencias significativas entre ambas muestras, por lo que durante el periodo evaluado no hay variación en los indicadores bioquímicos, más no así en los biológicos.

En el caso del incremento en el valor obtenido para los Organismos Coliformes Fecales en Octubre, se puede atribuir a que existe una contaminación externa propia del ambiente magnificada por la acumulación en el depósito expuesto a la luz solar, lo que propicia este crecimiento. Sin embargo, se esperaría que el filtro retuviera los patógenos. Aviles & Chaparro (2020), mencionan que los valores que se consideran de difícil remoción en el agua pluvial son los sulfatos, turbiedad y DQO, por lo que recomiendan el uso de filtros con minerales como el carbón por su capacidad de adsorción para retener los contaminantes, incluidas las bacterias. Además de disminuir el tiempo de almacenamiento del agua a menos de 96 horas para evitar la contaminación del agua de lluvia y eficientizar el sistema de almacenamiento, por lo que se recomienda cambiar el carbón activado al menos una vez al año y desinfectar la grava y arena del filtro con agua clorada cada tres meses para mantener la vida útil del filtro. Al aplicar esta acción correctiva en la limpieza de filtros y la reducción del tiempo del almacenamiento se logró reducir la cantidad de coliformes de forma significativa. Pasaron de “Incontable a 250 NMP/100 ml” (Anexo 3).

13.3 Humedal artificial

La NOM-001-SEMARNAT-2021 menciona que el agua residual tratada no requiere un permiso de descarga, lo cual aplica en nuestro caso debido a que la fuente no es de desagüe municipal, sino de casa habitación. No existe deposición al servicio sanitario de drenaje y el terreno donde se utilizó el efluente como fuente de riego, es privado.

Sin embargo, los límites permisibles estipulados en las normas son aplicables, por lo que los análisis de aguas fueron pertinentes de realizar.

De acuerdo con los resultados y con la NOM-003-SEMARNAT-1997, el agua obtenida puede utilizarse para fines no potables, como lavado de vehículos, fuentes de ornato, entre otras. Sin embargo, para fines del proyecto sólo se reporta el uso para riego, sin descartar que otros usuarios puedan hacer uso del recurso siempre en el marco legal recomendado y con las medidas de sanitización pertinentes.

Cabe recalcar que los límites permisibles de los parámetros reportados en el presente documento son de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-2021 cuyos valores son más estrictos comparados con su versión anterior (NOM-001-SEMARNAT-1997) en la cual los valores obtenidos de todos los parámetros del efluente hubieran cumplido, por lo cual podemos considerar que los porcentajes de remoción obtenidos son buenos.

En cuanto al análisis de la calidad del agua (Tabla 4), podemos apreciar un aumento de pH en el efluente comparado con el influente en los meses de abril a septiembre, esto se relaciona con la grava utilizada como sustrato ya que brinda iones bicarbonato y/o carbonato, lo cual aporta alcalinidad al agua (Ojeda et al., 2014). Por el contrario, a partir de octubre se observa una disminución del pH en el efluente en comparación con el influente. Según Kadlec & Wallace (2009), este fenómeno se atribuye a la descomposición de materia orgánica en el sistema, lo que genera una acidificación natural del medio, al respecto un aporte adicional de hojas fue observado en ese periodo.

Al analizar los porcentajes de DBO y DQO durante octubre, se observa que no hubo cambios. Además, se registró un incremento en el porcentaje de sólidos sedimentables. Estos datos sugieren que la acidificación observada se debe, a la acumulación, más no a la descomposición de materia orgánica en el sistema de tratamiento, ya que DBO y DQO están relacionados con la actividad bacteriana y la acumulación de microorganismos. Esta acumulación de materia orgánica puede atribuirse a la temporada del año, los árboles cerca experimentan defoliación y las plantas del humedal comienzan a secarse, por lo que hay mayor cantidad de residuos que caen dentro del humedal. Para evitar la introducción de materia orgánica por factores externos, se recomienda realizar mantenimiento al humedal con mayor frecuencia que en otras épocas del año, específicamente aumentar la remoción de residuos de vegetales y hacer podas preventivas, de este modo disminuye la introducción de biomasa muerta que se degrade en el sistema (González-Díaz, et al., 2022).

Otro factor involucrado en la remoción deficiente de contaminantes es la temperatura. De acuerdo con Ouellet-Plamondon et al. (2006), durante la temporada

invernal, la eficiencia de los humedales artificiales en la eliminación de materia orgánica soluble se reduce. Esto se atribuye principalmente a dos factores: la disminución de la actividad en los procesos biológicos y la menor disponibilidad de oxígeno debida a la inactivación de las plantas, lo que a su vez resulta en una descomposición menos eficiente de la materia orgánica en el humedal. Además, estas condiciones favorecen los procesos de fermentación, lo que genera una acumulación excesiva de materia orgánica en el sistema. Como consecuencia, se produce una sobrecarga de la misma durante los meses más fríos.

La temperatura promedio en los análisis de agua fue de 14°C, sin embargo el Sistema Meteorológico Nacional (2024) reportó en Septiembre el comienzo de la temporada de frentes fríos. Aunado con el exceso de carga de materia orgánica por la defoliación de las plantas, podemos relacionar los valores obtenidos con la disminución de la temperatura comparada con los meses anteriores, la sobrecarga de materia orgánica en el aumento de sólidos sedimentables y la disminución en la remoción de sólidos suspendidos. Esto se puede corroborar con la gráfica de componentes principales donde Septiembre muestra mayor diferencia significativa comparada con los otros meses.

Una recomendación para aumentar los porcentajes de remoción en invierno es reducir la carga hidráulica al 50% (Zhang, et al.2017) y la implementación de bacterias psicrotróficas. Las bacterias psicotrópicas son microorganismos capaces de proliferar a temperaturas menores a 7°C y producen enzimas que degradan materia orgánica (Novoa & Restrepo, 2007). Sin embargo, la implementación de estas bacterias requiere de inóculos que no están al alcance de zonas rurales, por lo que no es factible su implementación.

El porcentaje de remoción de la DBO observada desde abril (10.59%) y de las grasas y aceites (35.10%) puede atribuirse a la insuficiente densidad de plantas en el humedal. Las plantas ayudan al suministro de oxígeno creando un ambiente aerobio esencial en la degradación de la materia orgánica. De igual forma, sirven como soporte para microorganismos debido a que las raíces y rizomas proporcionan una extensa superficie para el desarrollo de biopelículas microbianas fundamentales en la depuración del agua (Kadlec & Wallace, 2009). Finalmente,

ayudan a regular el flujo hidráulico, al reducir la velocidad del agua, favoreciendo la sedimentación de partículas y aumentando el tiempo de contacto entre el agua y los microorganismos que mejoran los porcentajes de remoción de contaminantes (Vera et al., 2010). Para mejorar este porcentaje de remoción en mayo se implementó como medida correctiva la siembra de cuatro ejemplares adicionales de cola de caballo. Sin embargo, es importante señalar que los porcentajes de remoción en los meses siguientes pudieron afectarse por el tiempo necesario para que estas se establezcan y alcancen el nivel óptimo de funcionalidad en el sistema. Además de los cambios estacionales que pueden afectar la eficiencia del humedal.

Otro dato interesante es que de abril a julio no hubo remoción de nitrógeno total, por el contrario en septiembre y octubre obtuvimos porcentajes de remoción del 66% y 50 % respectivamente, esto puede deberse a que fueron meses donde se presentó lluvia (SMN, 2024) que ayudó a diluir los contaminantes. Otra razón puede ser que se alcanzó el periodo de maduración del humedal artificial (Cervantes et al., 2017). En conjunto, ambos factores resultan positivos para la eficiencia de la ecotécnia.

Luna-Pabello & Aburto-Castañeda (2014) mencionan que el tiempo de estabilización de los humedales artificiales varía de acuerdo a la estructura del sistema y las condiciones climáticas en la zona como incidencia de luz solar y temperatura que favorecen el crecimiento y maduración de las raíces de las plantas. Para Europa se han reportado hasta tres años y para México entre un año y un año y medio para lograr la estabilización de los humedales artificiales. Nuestro humedal tiene un año en funcionamiento pero solo ocho meses expuesto al agua gris, por lo que el incremento en remoción mencionado corresponde con los tiempos de estabilización reportados.

En el caso del fósforo, Romero-Aguilar et al., (2009) mencionan que es removido del agua gracias a la absorción de las plantas que lo utilizan para hacer fotosíntesis y por los microorganismos que lo degradan. Sin embargo, los valores obtenidos son muy parecidos tanto en el influente como en el efluente, lo que indica que la cantidad de fosforo absorbido es pequeña y no alcanza a removese antes que inicie la otra carga de agua a tratar. Una forma de remover este componente es

usar tratamientos alternativos de eliminación de fósforo. Sin embargo la norma, no establece un límite máximo, por lo que para este caso, no es necesario implementar un tratamiento alternativo.

Por otro lado, el agua gris del influente mostró altas concentraciones de coliformes fecales cuya concentración puede variar dependiendo de la procedencia del agua. Suárez et al. (2012), mencionan que las concentraciones del agua gris no deberían ser significativas y que pueden variar de 10^3 UFC/100 ml hasta 108 UFC/100 ml.

Gray (2014) menciona que coliformes fecales pueden llegar al agua cuando está expuesta a la atmósfera o donde hay animales cerca, además pueden desarrollarse fácilmente donde haya materia orgánica, como ocurrió en el presente estudio. En el caso del influente, una vez que es recolectado solía pasar hasta dos días en cubetas antes de ser vertido al humedal artificial para su tratamiento, lo que facilita la proliferación de coliformes fecales. Sin embargo, el tratamiento con el humedal mostró un porcentaje de remoción de 28.98% para contacto indirecto en abril.

En este sentido Pérez et al. (2012) proponen aplicar desinfección después de tratar el agua para que pueda ser utilizada en algún reúso. Para este caso de estudio, en mayo se cambió el tiempo de almacenamiento del agua gris a menos de 24 horas antes de verterlo al humedal para disminuir la carga desde el influente y llegar al límite máximo permisible que exige la norma en el efluente, aunque un tratamiento con hipoclorito ayudaría en caso de tener que almacenar el agua al aire libre.

De acuerdo con una revisión de Muñoz-Nava & Baumann (2017), se encontró que un humedal de flujo vertical puede reducir hasta 10^4 bacterias por 100 mL siendo más efectivo que el flujo horizontal para remover coliformes. También mencionan remociones del 80% para humedales subsuperficiales, por lo que es posible remover los coliformes fecales con el humedal. A pesar del cambio en el almacenamiento del agua a tratar, no se alcanzó el valor óptimo que establece la norma. Esto puede deberse a una contaminación externa en el humedal, por lo que, al estar al aire libre, puede contaminarse con residuos fecales al pulverizarse y ser

arrastrado por el viento (Fundación UNAM, 2019).

En la zona donde se encuentra el humedal hay perros y gatos callejeros, pájaros, roedores entre otros, por lo que el humedal está expuesto a contaminarse. Al respecto, Quintero, et al. (2021) menciona que la remoción de microorganismos patógenos dentro del humedal es gracias a sedimentación, radiación solar, filtración y depredación por parte de protozoarios, como los paramecios, por lo que se puede añadir un medio inoculado con protozoos que depreden a los microorganismos y se logre el porcentaje de remoción óptimo.

A pesar de que los Organismos Coliformes Fecales de contacto directo fueron Incontables, los datos de contacto indirecto muestran porcentajes de remoción de hasta 44%, lo que indica que el humedal artificial si está removiendo los patógenos. Consideramos que tal inoculación en una tecnología diseñada para zonas rurales o de difícil acceso, no es factible.

En cuanto al porcentaje de remoción de los demás parámetros, Nava-Rojas et al. (2023) menciona que la eficiencia de remoción de NH₄⁺ y NT aumentó en el segundo año debido al crecimiento de las plantas, lo que sugiere que es posible que en posteriores análisis los porcentajes de remoción aumenten.

El Análisis de Componentes principales sugiere que hay dos patrones de variabilidad, uno para Abril y Septiembre y otro para Julio y Octubre, es decir, en Abril y Septiembre hubo mejor remoción de contaminantes. Esto como se explicó anteriormente es debido a que en Abril el lecho estaba en su estado más limpio y poroso (Kadlec & Wallace, 2009) por lo que tenía mayor capacidad de adsorción y filtración de contaminantes y septiembre fue el mes donde llovió más.

13.4 Crecimiento de lavandas

Al evaluar el crecimiento de las plantas con los tres tratamientos, podemos observar diferentes respuestas de las lavandas al estrés hídrico, por ejemplo, las plantas de acrilato+ riego, tienen más altura y son más anchas comparada con los otros tratamientos. De igual forma, las plantas con riego tienen mayor tamaño que las de sin riego. De acuerdo con Seleiman et al., (2021) las plantas responden de manera natural al déficit hídrico mediante diversos mecanismos de adaptación como

la reducción en el crecimiento vertical, un incremento en la expansión de raíces y hojas para ampliar el sistema radicular y así optimizar la captación de agua, así como el enroscamiento de las hojas. También tienen cambios bioquímicos como parte de su estrategia de supervivencia frente a la escasez de agua. Estas respuestas confirman la capacidad de las plantas para ajustarse a condiciones ambientales adversas, asegurando su supervivencia y desarrollo en situaciones de estrés hídrico. Por otro lado, en cuanto a la apariencia y floración, el tratamiento también se beneficia por la aplicación del acrilato de potasio. De acuerdo con Bent & Colombo (2020) la lavanda no tolera los estancamientos de agua. Sin embargo, a pesar de que hubo presencia de lluvia adicional al riego programado, las plantas resistieron, por lo que el acrilato de potasio no generó exceso de humedad perjudicial para las plantas. Sin embargo, la apariencia enfermiza que presentaron las plantas a las que se les aplicó acrilato + riego, como diferentes grados de clorosis, desde amarillamiento, hasta generación de manchas, combinadas con algunas zonas de necrosis y desecación, puede ser por el exceso de agua (Bent & Colombo 2020).

Las plantas en general tuvieron un decremento de crecimiento en la semana 7, incluyendo la disminución de floración, y decayeron en la apariencia, al manifestar decoloración de las hojas, marchitez y necrosis. Esto se relaciona con periodo de adaptación al trasplante donde las plantas comienzan a generar más raíces (Caughey-Espinoza et al., 2021).

La lavanda, se caracteriza por su rusticidad, ya que crece bien en una amplia variedad de suelos, incluyendo suelos pobres y poco fértiles, crece de forma silvestre por lo que no requiere de muchos cuidados, puede sobrevivir a periodos de sequía, vientos fuertes e incluso en altas y bajas temperaturas (Bent & Colombo 2020); por lo que se esperaba que todas las lavandas resistieran, incluso las que no tuvieron riego. Sin embargo, a pesar de las propiedades tolerantes de las plantas, las que tuvieron aplicación de acrilato se vieron beneficiadas.

14. RECOMENDACIONES

Basándose en los resultados obtenidos de este trabajo, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Mayor difusión sobre la importancia del uso de tecnologías que promuevan el aprovechamiento sustentable del recurso hídrico, para asegurar el interés social por el modelo propuesto.
- Cambiar cada dos años las botellas de PET del ekomuro para asegurar su buen funcionamiento y seguir las recomendaciones propuestas en el manual.
- Se debe mantener el monitoreo de la calidad del agua del humedal artificial porque los valores de contaminantes varían de acuerdo a la temporada del año, calidad del agua a tratar, y factores externos que pueden afectar su funcionamiento. Además de mantenerlo siempre libre de materia externa.
- No aplicar acrilato de potasio a cultivos sensibles a exceso de humedad.
- Después de la aplicación del acrilato de potasio verificar que el hidrogel se mantenga cerca de la planta sembrada. Mantener en observación para renovar cuando se requiera.

15. CONCLUSIÓN

Las encuestas realizadas permitieron identificar un alto interés en la comunidad de Xolostitla de Morelos en implementar tecnologías de captación, procesamiento y almacenamiento de agua, mientras que los talleres participativos mostraron la importancia de hacer mayor difusión y educación ambiental acerca de la importancia de contar con soluciones prácticas que permitan optimizar el uso del agua, principalmente por los desafíos climáticos.

Por su parte, la implementación del modelo piloto utilizando el ekomuro, el humedal artificial y la aplicación de acrilato de potasio en el suelo, puede tener un impacto positivo para reactivar la sostenibilidad local, al ser una solución viable para aumentar la disponibilidad de agua para riego de cultivos, de manera más económica en comparación con otros métodos tradicionales, lo que la convierte en una opción más accesible para los agricultores.

Es importante recalcar que para la viabilidad a largo plazo de las tecnologías mixtas es importante mantener el monitoreo del sistema y seguir las recomendaciones para detectar fallas de forma oportuna, realizar ajustes si se requieren y así, garantizar la eficiencia del sistema.

16. REFERENCIAS

- Amirkhani, M., Mayton, H., Lossy, M., & Taylor, A. (2023). Development of Superabsorbent Polymer (SAP) Seed Coating Technology to Enhance Germination and Stand Establishment in Red Clover Cover Crop. *Agronomía*, 13(2): 438-451.
- Arteaga-Cortez, V., Quevedo-Nolasco, A., Valle-Paniagua, D., Castro-Popoca. M., Bravo-Vinaja, A., & Ramírez-Zierold, J. (2019). Estado del arte: una revisión actual a los mecanismos que realizan los humedales artificiales para la remoción de nitrógeno y fósforo. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(45): 319-343.
- Avilés, D. & Chaparro, T. (2020). Tratamiento de agua de lluvia con fines de consumo humano. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30(2): 97-107.
- Bocco, G., Orozco, Q., Álvarez, A., Solis, B. & Dobler-Morales, C. (2021). El estudio del impacto de la sequía en pequeñas comunidades rurales de México: Una revisión de la bibliografía. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales Universitat de Barcelona*, 26(1314).
- Bent, E. & Colombo, A. (2020). Parterres, Composición y cuidados. Editorial de Vecchi.
- Castillo, M.G. & Murcia, C.Y. (2022). Diseño de un sistema de recolección de aguas pluviales prouso botellas PET. Encuentro semilleros de investigación “Cundinamarca científica”. Obtenido de: http://uniminutodspace.scimago.es:8080/bitstream/10656/14218/3/Memoria_Encuentro%20semilleros%20de%20investigacion_2022.pdf.
- Caughey-Espinoza, D., Ayala- Astorga, G., Buitimea- Cantúa, G., Ochoa-Meza, A. (2021). Propagación y establecimiento de lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.) bajo malla sombra. *Idesia (Arica)*, 39(1): 27-35.
- Cervantes, S., Londoño, Y., Gutiérrez, R. & Peñuela, G. (2017). Evaluación de humedales artificiales de flujo subsuperficial en la remoción de diferentes concentraciones de ibuprofeno empleando *Cyperus papyrus*. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(5): 105-116.
- CONAGUA. (2023) Monitor de sequía de América del Norte. Obtenido de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Sequ%C3%ADa/Monitor%20de%20sequ%C3%ADa%20en%20America%20del%20Norte/sequia0923.pdf>
- DOF. (viernes 17 de febrero de 2023). Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002. *Diario Oficial de la Federación*, Primera Sección, págs. 70-81.

- DOF. (martes 21 de febrero de 2023). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0.
- DOF. (martes 21 de febrero de 2023). Norma Oficial Mexicana NOM 012-SSA1-1993. *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013#gsc.tab=0.
- DOF (martes 21 de febrero de 2023). Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002. *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2081772&fecha=12/07/2005#gsc.tab=0.
- DOF (miércoles 1 de marzo de 2023). Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021. *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#:~:text=La%20Norma%20Oficial%20Mexicana%20tiene,las%20aguas%20y%20bienes%20nacionales.
- DOF (miércoles 29 de marzo de 2023). Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías. *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3541/stps.htm#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D026,del%20Trabajo%20y%20Previs%C3%B3n%20Social>.
- DOF (martes 07 de marzo de 2023). NORMA Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997. *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4893449&fecha=21/09/1998#gsc.tab=0.
- Eko group H2O. (27 de febrero de 2023). Instructivo de Construcción. Obtenido de: <https://www.ekogroupH2o.com/>.
- Elshafie, H.S. & Camele, H. (2021). Applications of Absorbent Polymers for Sustainable Plant Protection and Crop Yield. *Sustainability*, 13(6): 3253.
- Fundación UNAM. (2019). Cada año se estima media tonelada de residuos fecales en el aire de la CDMX. Obtenido de: <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/cada-ano-se-estima-media-tonelada-de-residuos-fecales-en-el-aire-de-la-cdmx/>.
- Gray, N. (2014). Pathogen Control in Drinking Water. *Microbiology of Waterborne Diseases*, 537-569.
- Grupo ITSI. (29 de marzo de 2023). Señal de “Agua potable”. Obtenido de: <https://www.grupoitsi.com/product-page/se%C3%B1al-de-agua-potable>.
- Gonzalez-Diaz, A., Rodríguez, N., García-Núñez, J., Ruiz, E., Acero, J. & Reyes, W. (2022). Humedales artificiales como alternativa para el tratamiento terciario de efluentes de planta de beneficio de palma de aceite. Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. Bogotá, D.C.-Colombia.
- IMPLAN. (2018). Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos. Hermosillo, Sonora: Instituto Municipal de

- Planeación Urbana de Hermosillo. Obtenido de:
https://www.implanhermosillo.gob.mx/wp-content/uploads/2019/06/Manual_IV3.pdf.
- IMTA. (2022) ¿Cómo construir un humedal para el tratamiento del agua residual en mi escuela?. CDMX: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Obtenido de: <https://www.gob.mx/imta/articulos/como-construir-un-humedal-para-el-tratamiento-del-agua-residual-en-mi-escuela-317703>.
- INEGI. (2023). Espacio y datos de México. Obtenido de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx>.
- INEGI. (2020). Uso de suelo y vegetación. Obtenido de: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>.
- Kadlec, R. & Wallace, S. (2009). *Treatment wetlands*. CRC Press. Taylor & Francis Group. 2nd ed.
- Liang, D., Du, C., Ma, F., Shen, Y., Wu, K. & Zhou, J. (2018). Degradation of Polyacrylate in the Outdoor Agricultural Soil Measured by FTIR-PAS and LIBS. *Polymers*, 10(12): 1296.
- Luna-Pabello, V. & Aburto-Castañeda, S. (2014). Sistema de humedales artificiales para el control de la eutrofización del lago del Bosque de San Juan de Aragón. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 17(1): 32-55.
- Mayorga, D.F., Tapia, I.E., Paredes, L.E. & Caicedo, J.I. (2019). Diseño y Construcción de un filtro de agua vegana. *Ciencia Digital*, 3(3): 337-355.
- Montoya, J., Ceballos, L., Casas, J. & Morató J. (2010). Estudio comparativo de la remoción de materia orgánica en humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial usando tres especies de macrófitas. *Revista EIA*, (14): 75-84.
- Muñoz-Nava, H. & Baumann, J. (2017). Remoción de bacterias coliformes en un sistema de lodos activados y humedal construido. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(11): 287-297.
- Nava-Rojas, J., Lango-Reynoso, F., Castañeda-Chávez, M. & Reyes-Velázquez, C. (2023). Remoción de Contaminantes en los Humedales Artificiales de Flujo Subsuperficial: Una Revisión. *Terra Latinoamericana*, 41: 1-12.
- Neethu, T.M., Dubey, P.K. & Kaswala A.R. (2018). Prospects and Applications of Hydrogel Technology in Agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5): 3155-3162.
- Novoa, C.F. & Restrepo, L.P. (2007). Influencia de las bacterias psicrótrofas en la actividad proteolítica de la leche. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 54(1): 9-16.
- Ojeda, L., Romero, S., Reyes, J. A., Gallegos, R. & Herrera, A. (2014). Evaluación de la depuración de agua gris en un humedal artificial a escala piloto. En A. Rivas & D. Paredes (Eds.), Sistemas de humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua (pp.66-69). Memoria de la Segunda Conferencia Panamericana en Sistemas de Humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua. Morelia, Michoacán, México IMTA.

- OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>.
- ONU (17 de febrero de 2023) Conferencia Anual 2015 de Onu-Agua en Zaragoza. Agua y Desarrollo Sostenible: De la visión a la acción. 15-17 de enero de 2015. Zaragoza: *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/2015_un_water_zaragoza_conference_leaflet_spa.pdf.
- ONU (2014). Agua y seguridad alimentaria: Organización de las Naciones Unidas. Obtenido de: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/food_security.shtml.
- Ortegon, E., Pacheco, J.F. & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. *CEPAL, Naciones Unidas*.
- Ouellet-Plamondon, C., Chazarenc, F., Comeau, Y., & Brison, J. (2006). Artificial aeration to increase pollutant removal efficiency of constructed wetlands in cold climate. *Ecological Engineering*, 27(3): 258-264.
- Papadopoulos, N. & Zalidis, G. The Use of *Typha Latifolia L.* in Constructed Wetland Microcosms for the Remediation of Herbicide Terbuthylazine. *Environmental Processes*. 6: 985-1003.
- Paredes, P., Moreira, A. & Macías, M. (2018). Estudio del comportamiento de la DBO en un humedal artificial de flujo vertical para tratar agua gris. *ResearchGate*. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/322444478_Estudio_del_comportamiento_de_la_DBO_en_un_humedal_artificial_de_flujo_vertical_para_tratar_agua_gris.
- PED (12 de febrero de 2023). <http://tenemosunacuerdo.hidalgo.gob.mx/> Obtenido de <http://tenemosunacuerdo.hidalgo.gob.mx/pdf/PLAN%20ESTATAL.pdf>.
- Peralta, I., Cardozo, C., Nakayama, H., Ávalos, C., Benítez, G., Elkhalili, R., Ayala, J., Arenas, R. & Samudio-Oggero, A. (2022). Evaluation of a Wetland Constructed with *Typha domingensis* Pers., for the Recovery of Contaminated Water from Hospital Effluents. *Journal of Ecological Engineering*, 23(9): 136-145.
- Pérez, R., Alfaro, C., Sasa, J. & Agüero, J. (2012). Evaluación del funcionamiento de un sistema alternativo de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *UNICIENCIA*, 27(1): 332-340.
- PMD (12 de febrero de 2023). <http://epazoyucan.hidalgo.gob.mx/descargables/transparencia/Fracciones/2021/1%20Plan%20Municipal%20de%20Desarrollo%202020-2024%20Epazoyucan.pdf>.
- pueblosamerica.com, (31 de octubre de 2023). Xolostitla de Morelos (Xolostitla) (Hidalgo). Obtenido de: <https://mexico.pueblosamerica.com/i/xolostitla-de-morelos-xolostitla/>.
- Quintero, K., Rodríguez, D., González, M. & Arroyave, J. (2021). Evaluación de la remoción de nitrógeno y materia orgánica a través de humedales artificiales

- de flujo subsuperficial, acoplados a reactores de lecho fijo con microalgas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. *Revista Ingeniería y Región*, (25): 82-94.
- Rana, V. & Maiti, S.K. (2018). Municipal wastewater treatment potential and metal accumulation strategies of Colocasia esculenta (L.) Schott and Typha latifolia L. in a constructed wetland. *Environ Monit Assess*, 190(6): 328.
- Riego Sólido. (27 de marzo de 2023). Protocolo para aplicación de acrilato de potasio en la siembra en surcos, para todas las semillas, como: frijol, cacahuate, papa, chile, jitomate, etc. Obtenido de: <https://www.riegosolido.com/copia-de-acrilato-de-potasio-agua-s>.
- Roa, C.C. & Rozo, A.V. (2022). Ejecución y evaluación de un sistema de recolección de aguas pluviales a partir de botellas PET. Encuentro semilleros de investigación “Cundinamarca científica”. Obtenido de: http://uniminuto.dspace.scimago.es:8080/bitstream/10656/14218/3/Memoria_Encuentro%20semilleros%20de%20investigacion_2022.pdf
- Rodríguez-González, M.R., Jácome-Burgos, A., Molina-Burgos, J. & Suárez-López, J. (2013). Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente físico-químico de una estación depuradora de aguas residuales domésticas. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 14(2): 223-235.
- Romero-Aguilar, M., Colín-Cruz, A., Sánchez-Salinas, E. & Ortiz-Hernández, Ma. L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(3): 157-167.
- Romero, J., Santana, I., & Mora, N. (2013). Calidad del agua de lluvia. *Revista Colombiana de Ingeniería*, (90): 29-36.
- SADER. (2022). Impulsa Agricultura acciones para combatir la sequía y la desertificación en el país. CDMX: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Obtenido de: <https://www.gob.mx/firco/articulos/impulsa-agricultura-acciones-para-combatir-la-sequia-y-la-desertificacion-en-el-pais-305825#:~:text=Entre%20las%20acciones%20que%20impulsa,y%20se%20ha%20aplicado%20en>
- SEGOB (Miércoles 30 de Diciembre de 2020). Programa Nacional Hídrico 2020-2024. *Diario Oficial de la Federación*, pág. 39-216.
- Seleiman, M., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay., Dindaroglu, T., Haleem, H., Wajid, A. & Battaglia, M. (2021). Stress Impacts on Plants and Different Approaches to Alleviate Its Adverse Effects. *Plants*, 10: 259
- Sistema Meteorológico Nacional (22 de Octubre de 2024). Frentes fríos. Obtenido de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/frentes-fríos>.
- Sistema Meteorológico Nacional (25 de Octubre de 2024). Resúmenes mensuales de lluvia y temperatura. Obtenido de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>.
- Sosa-Martínez, A., Narchi, N.E., Leal-Bautista, R. Frausto-Martínez, O. & Casas-Beltrán, D. (2020). Percepción y uso del agua de lluvia por usuarios en una comunidad del Caribe mexicano. *Sociedad y Ambiente*, (23): 1-27.

- Suárez, J. L., Jácome, J. A. B., Del Rio, H. C., Torres, D. S. & Ures, P. R. (2012). El reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural. En: Río Mandeo, cuenca fluvial y desarrollo sostenible. Pag. 265-284. Edit. A Coruña: Diputación de A. Coruña, ESP.
- Triwiswara, M. (2019). Phytoremediation of Batik Industry Effluents using Aquatic Plants (*Equisetum hyemale* and *Echinodorus palaefolius*). *Proceeding Indonesian Textile Conference*. 3(1): 187-196.
- Torres, H. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40 (2): 125-139.
- Torres, R. & Fresquet, A. (2019). Captación de lluvia para descarga de inodoros en edificio alto en el Vedado. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40(1): 122-135.
- Velaverde, F., Sianca, E., Castro, G., Him, L. & Gómez, M. (2019). Tratamiento y reutilización del agua residual de lavadora. *Revista De Iniciación Científica*, 4(2): 36-39.
- Velazco, I., Ochoa, L. & Gutiérrez, C. (2005). Sequía, un problema de perspectiva y gestión. *Región y Sociedad*, 17(34): 35-71.
- Vera, A., Andrade, C., Flores, E., Núñez, M., Cárdenas, C. & Morales, E. (2010). Removal nutrients abd organic matter in a constructed etland, in fuction of the development of the macrophyte *Typha domigensis* Pers. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 33(2): 153-163.
- Zhang, J., Sun, H., Wengang , W., Hu, Z., Yin, X., Ngo, H., Guo, W & Fan, J. (2017). Enhancement of surface flow constructed wetlands performance at low temperature through seasonal plant collocation. *Bioresource Technology*, 224: 222-228.

17. ANEXO I: MARCO LEGISLATIVO

Normatividad vigente requerida para el tratamiento, almacenamiento, toma de muestras, análisis, límites permisibles de contaminantes y materia orgánica así como especificaciones requeridas para la implementación del proyecto.

Objetivo: Establecer el marco normativo, mediante una revisión exhaustiva; para delimitar la responsabilidad necesaria en la implementación del proyecto.

En el presente anexo se detalla el marco normativo que sirvió de apoyo en la implementación del proyecto. Para su elaboración se llevó a cabo una revisión bibliográfica de la legislación vigente donde se identificó la normativa aplicable y se analizaron los artículos de relevancia para el proyecto, y así establecer un marco de referencia claro y conciso para la ejecución del proyecto.

En la actualidad, no existen normas para regular las construcciones basadas en la naturaleza, por lo que seleccionamos los artículos de las normas existentes que podrían aplicarse a la construcción del proyecto, así como las normas que contienen los valores de límites permisibles para poder utilizar agua tratada en riego.

Este compendio de artículos es importante debido a que garantiza el cumplimiento de los requisitos legales establecidos y minimiza los riesgos tanto sanitarios como ambientales al cumplir con los límites permisibles, lo que garantiza el éxito y contribuir a la legitimidad del proyecto, además de evitar sanciones.

Cabe destacar que este marco normativo no pretende ser restrictivo, por el contrario, funciona como una base para que los resultados sean de la calidad deseada. Por consiguiente, el marco normativo aplicable puede cambiar dependiendo las actualizaciones de las normas o de situaciones específicas que surjan durante la aplicación del proyecto.

Para el caso del mantenimiento y limpieza de las construcciones se deben seguir las instrucciones en el manual del humedal artificial y el ekomuro, por lo que en el presente documento sólo se hace énfasis en la actividad a realizar pero para consultar la forma de hacerlo se recomienda dirigirse al anexo V. “Manuales”.

De igual forma se presentan los permisos de operación en el terreno donde se implementó el modelo piloto.

17.1 Normas aplicables

<p>NOM-230-SSA1-2002, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.</p>		
Apartado	Descripción	Interpretación
5.2.1	<p><i>“Las obras de captación, tanques de almacenamiento o regulación, plantas potabilizadoras y estaciones de bombeo, deben protegerse mediante cercas de malla de alambre o muros que impidan la introducción de desechos sólidos, líquidos o excretas y el paso de animales. La obra de captación debe mantenerse libre de malezas permanentemente”.</i></p>	<p>El humedal artificial y el ekomuro deberán estar libres de malezas permanentemente y, de acuerdo al lugar donde se construyan, deben protegerse para evitar la introducción de desechos y animales.</p>
5.2.3	<p><i>“El acceso a las obras de captación, tanques de almacenamiento o regulación, plantas potabilizadoras y estaciones de bombeo, deben protegerse con bardas y puertas con cerraduras, candados o sistemas de seguridad y permitir la entrada únicamente a personal autorizado”.</i></p>	<p>El acceso al humedal artificial y al ekomuro debe limitarse a personas con conocimiento del manejo de las construcciones (de preferencia que no haya niños o que estén bajo supervisión).</p>
5.2.4, 5.2.4.1, 5.4.2.2 y 5.2.4.3	<p><i>“En función de las características de construcción las obras de captación, tanques de almacenamiento, regulación y estaciones de bombeo, deben protegerse de contaminación exterior debida a escurremientos o infiltraciones de agua u otros vectores,</i></p>	<p>Tanto el humedal artificial como el ekomuro, deben protegerse de contaminación exterior mediante canales de desviación en el perímetro del lugar donde se instalarán, además de sellar perfectamente uniones de</p>

	<p><i>mediante...—...canales de desviación, ubicadas en el perímetro de la instalación...—...Sellos impermeables en juntas y uniones de tuberías, equipos y sus accesorios, así como resane e impermeabilización de fisuras o fracturas en estructuras que contengan agua y...—...Tela tipo mosquitero o similar, en dispositivos de ventilación rejillas, tubos u otros ductos”.</i></p>	tuberías y darles mantenimiento para evitar fugas de agua y añadir filtros en las aberturas de importancia.
5.2.5	<p><i>“Las áreas interiores de estaciones de bombeo y plantas potabilizadoras deben mantenerse siempre aseadas. Se deben limpiar y desinfectar con la frecuencia que determinen las condiciones del sistema, equipo y proceso de manera que se eliminen los riesgos asociados”.</i></p>	El humedal artificial y el ekomuro deben mantenerse siempre limpios, dándoles su mantenimiento cada que lo requieran.
5.2.6	<p><i>“Las tuberías que conducen agua en las distintas etapas del proceso o fluidos diferentes de ésta, se deben identificar de acuerdo con el código propio de la empresa. Cualquier forma y código de identificación debe ser visible para el personal”.</i></p>	Se pueden identificar las tuberías que conducen agua para facilitar el mantenimiento.
5.2.8, 5.2.8.2 y 5.2.8.4	<p><i>“Los tanques de almacenamiento o regulación y estaciones de bombeo para abastecer agua directamente a la red de distribución, deben contar con los siguientes dispositivos:...— Caja</i></p>	El humedal artificial tiene una trampa recolectora de grasas y el ekomuro un filtro que retiene sólidos. Ambos cuentan con un tubo de desfogue.

	<i>colectora de sedimentos dependiendo de sus características...—...Tubos para desfogue”.</i>	
6.2.4	<i>“En los casos de obra nueva de almacenamiento, conducción y distribución, o en el caso de mantenimiento preventivo o correctivo de cualquier elemento del sistema de abastecimiento, debe limpiarse y desinfectarse antes de iniciar su operación”.</i>	El humedal artificial y el ekomuro deben limpiarse antes de su operación y en cada mantenimiento.
6.2.5	<i>“Las acciones de limpieza, drenado y desinfección deben registrarse en una bitácora y estar disponibles cuando la autoridad sanitaria competente los requiera. Esta disposición es obligatoria para todos los sistemas de abastecimiento. Esta bitácora debe conservarse por lo menos durante un año”.</i>	Los mantenimientos que se realicen a las construcciones deben registrarse en una bitácora y conservarse mínimo un año para tener un registro.

NOM-127-SSA1-2021, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.			
Apartado		Descripción	Interpretación
5.1 Contaminación biológica	5.1.1	<i>“Bacterias, helmintos, protozoarios y virus.- Desinfección con cloro, compuestos de cloro, ozono o luz ultravioleta”.</i>	Para desinfección se puede utilizar cloro como paso adicional terminado el tratamiento del agua.
	5.3.1	<i>“Arsénico.- Coagulación-floculación-precipitación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos,</i>	Para el humedal artificial y el ekomuro se usará filtración para

5.3 Constituyentes químicos		<i>intercambio iónico u ósmosis inversa”</i>	eliminar arsénico. (En caso de presentarlo).
	5 .3.2	“Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo.- <i>Intercambio iónico u ósmosis inversa”</i>	Solo en caso que se requiera su uso para fines de consumo, es necesario implementar este tipo de filtros y realizar regularmente monitoreos de calidad.
	5 .3.8	“Materia orgánica.- Oxidación-filtración o adsorción en carbón activado”	Para el humedal artificial y el ekomuro se usó filtración. Al filtro del ekomuro se añadió carbón activado, si se requiere se puede añadir al humedal artificial.
	5 .3.9	“Mercurio.- Proceso convencional: coagulación-floculación-precipitación-filtración, cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l. Procesos especiales: en carbón activado granular y ósmosis inversa cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l; con carbón activado en polvo cuando la fuente de abastecimiento contenga más de 10 microgramos/l”	Para el humedal artificial y el ekomuro se usó filtración. Al filtro del ekomuro se añadió carbón activado, si se requiere se puede añadir al humedal artificial.
	5 .3.10	“Nitratos y nitritos.- Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos”	Para el humedal artificial y el ekomuro se usó filtración.
	5 .3.11	“Nitrógeno amoniacial.- Coagulación-floculación-sedimentación-filtración,	Para el humedal artificial y el ekomuro se usó filtración.

		<i>desgasificación o desorción en columna”</i>	
5 .3.12		“pH (potencial de hidrógeno).- Neutralización”	Solo en caso que en la región existan condiciones que modifiquen el pH (sales, minerales, materia orgánica).
5 .3.15		“Sólidos disueltos totales.- Coagulación-floculación-sedimentación-filtración y/o intercambio iónico”	Para el humedal artificial y el ekomuro se usó filtración.
5 .3.19		“Zinc.- Destilación o intercambio iónico”	Solo en caso que en la región existan condiciones que modifiquen el pH (sales, minerales).

NOM-003-SEMARNAT-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.		
Promedio mensual (límites máximos permisibles)	Tipo de reúso	
	Servicios al público con contacto directo	Servicios al público con contacto indirecto u ocasional
Coliformes fecales (NMP/100ml)	240	1000
Huevos de helminto (h/l)	1	5
Grasas y aceites mg/ml	15	15
DBO ₅ mg/l	20	30
SST mg/l	20	30
Apartado	Descripción	Interpretación
4.2	“La materia flotante debe estar ausente en el agua residual tratada, de acuerdo al	La materia flotante debe estar ausente.

	<i>método de prueba establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-006”.</i>	
4.3	<i>“El agua residual tratada reusada en servicios al público, no deberá contener concentraciones de metales pesados y cianuros mayores a los límites máximos permisibles establecidos en la columna que corresponde a embalses naturales y artificiales con uso en riego agrícola de la Tabla 2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, referida en el punto 2 de esta Norma”.</i>	El agua no debe exceder los límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-2021.
4.4	<i>“Las entidades públicas responsables del tratamiento de las aguas residuales que reusen en servicios al público, tienen la obligación de realizar el monitoreo de las aguas tratadas en los términos de la presente Norma Oficial Mexicana y de conservar al menos durante los últimos tres años los registros de la información resultante del muestreo y análisis, al momento en que la información sea requerida por la autoridad competente”.</i>	Se recomienda hacer monitoreo de la calidad del agua al menos una vez al año y guardar los registros.
5	<i>“Los responsables del tratamiento y reuso de las aguas residuales tratadas, tienen la obligación de realizar los muestreos como se establece en la Norma Mexicana NMX-AA-003...”</i>	El muestreo del agua tratada se realizó conforme a la NMX-AA-003.

5.3	<p><i>"Para los metales pesados y cianuros, al menos 2 (dos) muestras simples tomadas en días representativos anualmente".</i></p>	<p>Los metales pesados y cianuros se recomiendan analizar al menos dos veces al año.</p>
-----	--	--

NMX-AA-003-1980. Aguas residuales.- Muestreo		
3.1	<p><i>"Los recipientes para las muestras deben ser de materiales inertes al contenido de las aguas residuales. Se recomiendan los recipientes de polietileno o vidrio. Las tapas deben proporcionar un cierre hermético en los recipientes y se recomienda que sean de material afín al del recipiente. Se recomienda que los recipientes tengan una capacidad mínima de 2 dm³ (litros)".</i></p>	<p>Los recipientes para toma de muestra deben cerrar herméticamente con una capacidad mínima de dos litros.</p>
3.3	<p><i>"Cada toma de muestreo debe tener una válvula de cierre que permita el paso libre de las aguas residuales y de los materiales que puedan contener y proporcionar el cierre hermético de la toma. Esta válvula y los accesorios necesarios para su instalación, deben ser de materiales similares a los de las tomas y/o los conductos en que éstas se instalen".</i></p>	<p>Las muestras se toman por las válvulas de salida del agua tratada.</p>

3.4 y 3.5	<p><i>“Hielera o refrigerador...-... material común de laboratorio.”</i></p>	<p>Se necesita una hielera y material de laboratorio.</p>
4.1	<p><i>“Se deben tomar las precauciones necesarias para que en cualquier momento sea posible identificar las muestras. Se deben emplear etiquetas pegadas o colgadas, o numerar los frascos anotándose la información en una hoja de registro. Estas etiquetas deben contener como mínimo la siguiente información. Identificación de la descarga. Número de muestra. Fecha y hora de muestreo. Punto de muestreo. Temperatura de la muestra. Profundidad de muestreo. Nombre y firma de la persona que efectúa el muestreo”.</i></p>	<p>Las muestras se deben etiquetar con los siguientes datos: Identificación del lugar donde se tomó, número de muestra, fecha, hora de muestreo y nombre de la persona que muestreó. Si se cuenta con termómetro, temperatura de la muestra y profundidad de muestreo (en caso que sea de la trampa de grasa).</p>
4.2.1 y 4.2.2	<p><i>“Se debe llevar una hoja de registro con la información que permita identificar el origen de la muestra y todos los datos que en un momento dado permitan repetir el muestreo...—</i></p> <p><i>...Se recomienda que la hoja de registro contenga la siguiente información: Los datos citados en el inciso 4.1. Resultados de pruebas de campo practicadas en la descarga</i></p>	<p>Se debe llenar la hoja de registro (Anexo 3) con los datos del punto 4.1 y las observaciones y descripción del muestreo.</p>

	<i>muestreada. Cuando proceda, el gasto o flujo de la descarga de aguas residuales que se muestreó. Descripción detallada del punto de muestreo de manera que cualquier persona pueda tomar otras muestras en el mismo lugar. Descripción cualitativa del olor y el color de las aguas residuales muestreadas”.</i>	
5.1.1, 5.1.2 y 5.1.3	<i>Las muestras deben ser representativas de las condiciones que existan en el punto y hora de muestreo y tener el volumen suficiente para efectuar en él las determinaciones correspondientes...—...Las muestras deben representar lo mejor posible las características del efluente total que se descarga por el conducto que se muestrea Al efectuarse el muestreo, deben anotarse los datos según los incisos 4.1 y 4.2.2”.</i>	
5.4.1 y 5.4.1.1	<i>“Se recomienda tomar las muestras en el centro del canal o colector de preferencia en lugares donde el flujo sea turbulento a fin de asegurar un buen mezclado Si se va a evaluar contenido de grasas y aceites se deben</i>	Para el muestreo de la trampa de grasa se realiza a diferentes profundidades en el centro de la trampa para asegurar representatividad.

	<i>tomar porciones, a diferentes profundidades, cuando no haya mucha turbulencia para asegurar una mayor representatividad”.</i>	
5.4.2 y 5.4.3	<p><i>“El recipiente muestreador se debe enjuagar repetidas veces con el agua por muestrear antes de efectuar el muestreo...—</i></p> <p><i>...El recipiente muestreador, atado con una cuerda y sostenido con la mano de preferencia enguantada, se introduce en el agua residual completamente y se extrae la muestra”.</i></p>	El recipiente donde se colectará la muestra se debe enjuagar varias veces con el agua a muestrear, posteriormente se introduce completamente en el agua residual y se colecta.
5.5	<i>“Cierre de los recipientes de muestreo las tapas o cierres de los recipientes deben fijarse de tal forma que se evite el derrame de la muestra”</i>	Cerrar perfectamente el recipiente colector.
5.7	<i>“Solo se permite agregar a las muestras los preservativos indicados en las Normas de Métodos de Prueba”.</i>	Si se requiere añadir preservativos, deben ser los permitidos por la norma (en este caso no fueron necesarios).
5.8 y 5.9	<i>“Preservar la muestra durante el transporte por medio de un baño de hielo y conservar las muestras en refrigeración a una temperatura de 277K (4°C)...—...Se recomienda que el intervalo de tiempo</i>	La muestra debe conservarse a 4°C durante el transporte al laboratorio donde será analizada. El tiempo de transporte no debe exceder los tres días.

	<i>entre la extracción de la muestra y su análisis sea el menor posible y que no exceda de tres días”.</i>	
--	--	--

NOM-179-SSA1-2020, Agua para uso y consumo humano. Control de la calidad de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua.

Apartado	Descripción	Interpretación
5 y 5.1	<i>“El Organismo responsable del sistema de abastecimiento de agua debe ...—...Someter el agua al proceso de potabilización que resulte necesario conforme a los resultados de la caracterización y las pruebas realizadas con el propósito de eficientar la remoción de contaminantes, en donde se incluya la desinfección”.</i>	El agua a reutilizar lleva un tratamiento previo por medio del humedal artificial y el filtro del ekomuro.
5.2	<i>“Contar con la caracterización del agua, la cual consiste en determinar los parámetros comprendidos en la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994...”</i>	Se deben realizar análisis de agua.
5.2.3	<i>“Cuando se adicionen, sustituyan o eliminan una o más fuentes de</i>	Cuando se modifique el proceso de potabilización o de

	<i>abastecimiento de agua del sistema o cuando se modifique el proceso de potabilización se debe realizar nuevamente la caracterización...”</i>	funcionamiento del ekomuro y del humedal artificial se debe analizar nuevamente el agua tratada.
5.4	<i>“Establecer y documentar un procedimiento de operación, el cual describa de manera detallada como se realiza cada una de las operaciones aplicadas para la potabilización, con el fin de garantizar el cumplimiento de esta Norma”.</i>	Se realizó el manual de construcción, operación y mantenimiento del humedal artificial y del ekomuro.
5.6, 5.6.1, 5.6.2 y 5.6.3	<i>“Establecer y documentar un programa de inspección y mantenimiento de instalaciones hidráulicas, de acuerdo con lo siguiente...—...Realizar mínimo una visita semestral de conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1- 2002 ...—...a cada una de las instalaciones hidráulicas que conforman al Sistema de abastecimiento de agua y contar con los Registros correspondientes, así como los riesgos identificados y las acciones correctivas que</i>	Se realizó el manual de construcción, operación y mantenimiento del humedal artificial y del ekomuro. Así como en el anexo 4 se pueden encontrar las bitácoras de registro de observaciones.

	<i>se deriven de la inspección...—...Contar con un calendario para las acciones de mantenimiento preventivo, y...—...Registrar todas las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo efectuadas al Sistema.</i>
--	---

NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.			
	Suelo: Infiltración y otros riegos		
Parámetros (mg/L), excepto cuando se especifique	Promedio mensual	Promedio diario	Valor instantáneo
Temperatura °C	35	35	35
Grasas y aceites	15	18	21
Sólidos Suspendidos Totales	100	120	140
Demanda Química de Oxígeno	150	180	210
Carbono Orgánico Total*	38	45	53
Nitrógeno Total	N/A	N/A	N/A
Fósforo Total	N/A	N/A	N/A
Huevos de helmintos (huevos/	1	1	1
<i>Escherichia coli</i> , NMP/100 ml)	250	500	600
Enterococos fecales* (NMP/100 ml	250	400	600

pH (UpH)	6-9	6-9	6-9
Color verdadero	Longitud de onda	Coeficiente de absorción espectral máximo	
	436 nm	7.0 m ⁻¹	
	525 nm	5.0 m ⁻¹	
	620 nm	3.0 m ⁻¹	
Toxicidad aguda (UT)	2 a los 15 minutos de exposición	2 a los 15 minutos de exposición	2 a los 15 minutos de exposición
Arsénico	0,1	0,15	0,2
Cadmio	0,1	0,15	0,2
Cianuro	1	1,50	2
Cobre	4	5	6
Cromo	0,5	0,75	1
Mercurio	0,005	0,008	0,01
Níquel	2	3	4
Plomo	0,2	0,3	0,4
Zinc	10	15	20
Apartado	Descripción		Interpretación
5.1	<i>"Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se deberán aplicar las normas mexicanas según corresponda, indicadas en el capítulo 2".</i>		Para el muestreo de agua, se empleó la norma NMX-AA-003-1980 como lo indica el capítulo 2 de la norma.
6.2	Si el agua residual tiene una concentración mayor a 1000 mg/L de cloruros, se debe revisar la norma para realizar lo que establece.		Si el agua tratada tiene una concentración mayor a 1000 mg/L de cloruros, se debe revisar la norma para realizar lo que establece.

	estipulado en el presente punto.	
--	----------------------------------	--

NOTAS:

“Los límites permisibles de metales y metaloides se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos”

“El organismo responsable debe seleccionar uno de los dos parámetros para su análisis: E. coli o coliformes termotolerantes (coliformes fecales)”.

**“Si Cloruros es menor a 1000 mg/L se analiza y reporta DQO”.*

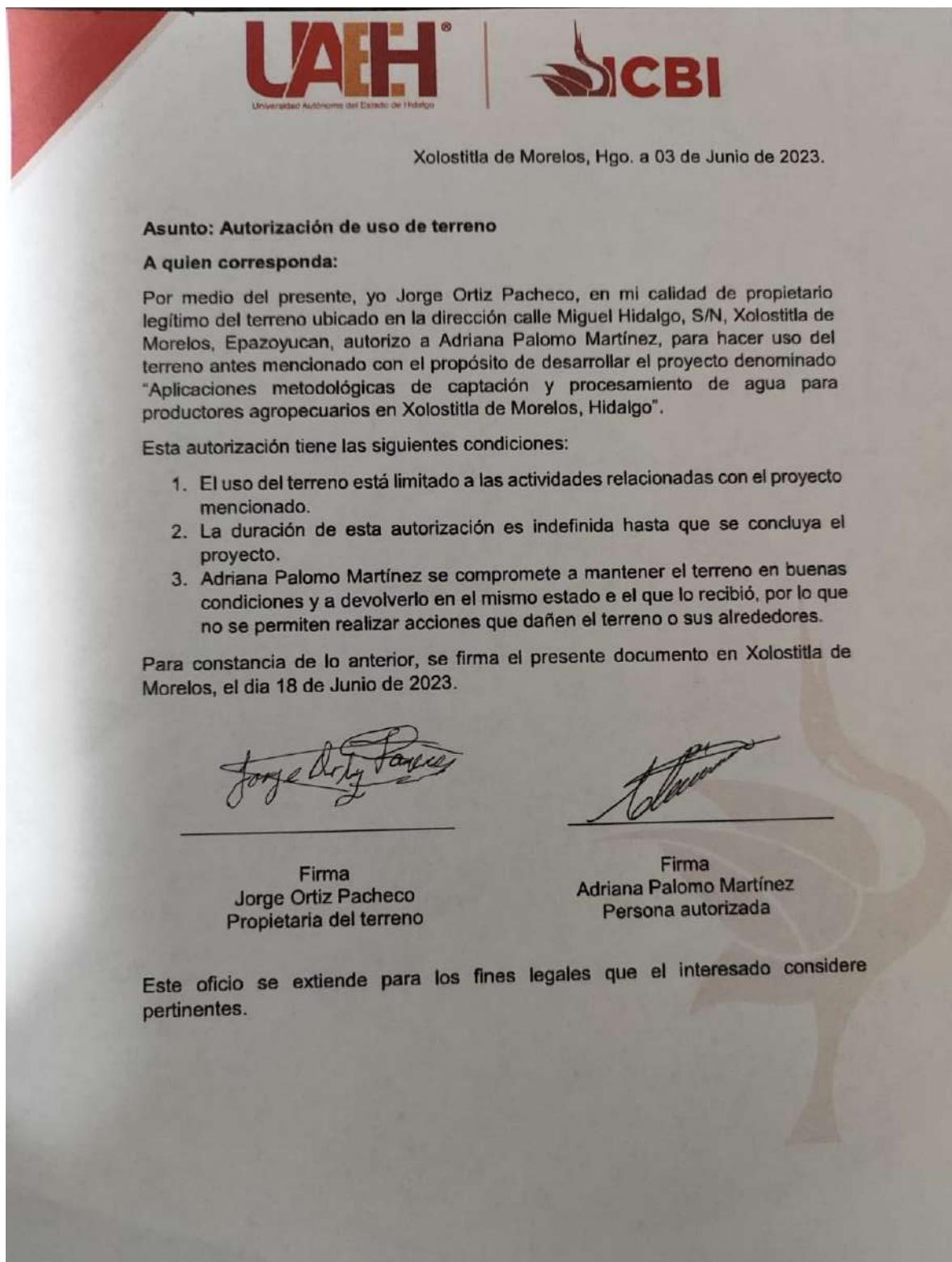
**“Si Cloruros es mayor o igual a 1000 mg/L se analiza y reporta COT”.*

**“Si la conductividad eléctrica menor a 3500 µS/cm se analiza y reporta E. coli”.*

**“Si la conductividad eléctrica es mayor o igual a 3500 µS/cm se analiza y reporta Enterococos fecales”.*

“Las determinaciones de Conductividad eléctrica y de Cloruros no requieren la acreditación y aprobación de la entidad correspondiente”. En el caso de la NOM- 001-SEMARNAT-2021

17.2 Autorización de uso de terreno



17.3 Permiso operativo del terreno

 CAASIM COMISIÓN DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE SISTEMAS INTERMUNICIPALES	 GOBIERNO DEL ESTADO DE HIDALGO COMISIÓN DE AGUA Y ALCANTARILLADO DE SISTEMAS INTERMUNICIPALES																										
<p>AV. INDUSTRIAL LA PAZ No. 206 COL. INDUSTRIAL LA PAZ C.P. 42160 PACHUCA, HIDALGO TEL.: 01(771) 717 4300 URGENCIAS 973</p>																											
AVISO - RECIBO																											
PACHUCA, HGO. JULIO 2024 ORTIZ PACHECO JORGE DOMICILIO CONOCIDO XOLOSTITLA C.P. 43587 EPAZOYUCAN																											
CUENTA N°: 111425 IMPORTE A PAGAR: 381.93 FECHA LÍMITE DE PAGO: 31-JUL.-2024																											
UBICACIÓN																											
FACUTRACIÓN																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>RECIBO OFICIAL N°:</th> <th>PERÍODO DE CONSUMO</th> <th>TARIFA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>60640166</td> <td>JUNIO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>LECT. ANTERIOR</td> <td>LECT. ACTUAL</td> <td>CONSUMO (m³)</td> <td>FALLA</td> <td>PAGOS VENCIDOS</td> <td>SECTOR</td> <td>RUTA</td> <td>FOLIO</td> <td>MEDIDOR</td> <td>SERIE</td> </tr> <tr> <td>910</td> <td>926</td> <td>16</td> <td></td> <td>0</td> <td>26</td> <td>865</td> <td>4620</td> <td>DORCT</td> <td>1725632</td> </tr> </tbody> </table>		RECIBO OFICIAL N°:	PERÍODO DE CONSUMO	TARIFA	60640166	JUNIO		LECT. ANTERIOR	LECT. ACTUAL	CONSUMO (m ³)	FALLA	PAGOS VENCIDOS	SECTOR	RUTA	FOLIO	MEDIDOR	SERIE	910	926	16		0	26	865	4620	DORCT	1725632
RECIBO OFICIAL N°:	PERÍODO DE CONSUMO	TARIFA																									
60640166	JUNIO																										
LECT. ANTERIOR	LECT. ACTUAL	CONSUMO (m ³)	FALLA	PAGOS VENCIDOS	SECTOR	RUTA	FOLIO	MEDIDOR	SERIE																		
910	926	16		0	26	865	4620	DORCT	1725632																		
DETALLE																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>CONCEPTO</th> <th>IMPORTE MES</th> <th>IMPORTE VENCIDO</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONSUMO DE AGUA</td> <td>375.64</td> <td>0.00</td> <td>375.64</td> </tr> <tr> <td>GARANTIA DE MEDIDOR DE 1/2 PULG.</td> <td>5.43</td> <td>0.00</td> <td>5.43</td> </tr> <tr> <td>IMPUESTO AL VALOR AGREGADO 16%</td> <td>0.86</td> <td>0.00</td> <td>0.86</td> </tr> <tr> <td>IMPUESTO AL VALOR AGREGADO 0%</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>TOTALES</td> <td>381.93</td> <td>0.00</td> <td>381.93</td> </tr> </tbody> </table>		CONCEPTO	IMPORTE MES	IMPORTE VENCIDO	TOTAL	CONSUMO DE AGUA	375.64	0.00	375.64	GARANTIA DE MEDIDOR DE 1/2 PULG.	5.43	0.00	5.43	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO 16%	0.86	0.00	0.86	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO 0%	0.00	0.00	0.00	TOTALES	381.93	0.00	381.93		
CONCEPTO	IMPORTE MES	IMPORTE VENCIDO	TOTAL																								
CONSUMO DE AGUA	375.64	0.00	375.64																								
GARANTIA DE MEDIDOR DE 1/2 PULG.	5.43	0.00	5.43																								
IMPUESTO AL VALOR AGREGADO 16%	0.86	0.00	0.86																								
IMPUESTO AL VALOR AGREGADO 0%	0.00	0.00	0.00																								
TOTALES	381.93	0.00	381.93																								
ÚLTIMA FECHA DE PAGO: 24/JUN/2024 BON 2006/09/21 SALDO DE PAGO ANTICIPADO: 0.00																											
PAGO ANTICIPADO: 0.00 PAGOS HECHOS: 0.00 TOTAL A PAGAR: 381.93																											
Teléfono 7717174300																											
OBSERVACIONES: En caso de falla se determina un consumo presuntivo en metros cúbicos.																											
GRAVADO 0% EXENTO																											
NOTA DEL MES: Exclusivo OXXO/SORIANA																											
																											
BANCO AZTECA CONV. 10274 / CAASIM HIDALGO SANTANDER BBVA CONV. 3837 CONV. 932779 REF. 00111425000606401664 3064245																											
PAGINA WEB: https://servicioscaasim.hidalgo.gob.mx TRANSFERENCIA HSBC CLABE: 021180550300096503 Banco: HSBC Referencia: 00111425000606401664 3064245 Referencia numérica (RAP): 9650																											
PAGO EN UNA SOLA EXPRESIÓN USUARIO																											
Gracias por su cruce definitivo EXCLUSIVO PARA CAASIM																											
Góvales al 01775 7553080 y al 01775 7926320																											
MES DE FACTURACIÓN: JULIO 2024																											
No. DE CUENTA: 111425 RECIBO OFICIAL N°: 60640166 IMPORTE TOTAL: 381.93																											
Ahorra tiempo pagando tu recibo en línea ingresa: https://servicioscaasim.hidalgo.gob.mx																											
CORTE DE CADA																											

Figura 60. Comprobante de domicilio de la persona que autorizó.

18. ANEXO II EDUCACIÓN AMBIENTAL

Actividades realizadas en la comunidad: Aplicación de encuestas y talleres participativos.

Objetivo: Implementar un enfoque integral para la gestión sostenible del agua en Xolostitla, Hidalgo, mediante:

1. Aplicación de encuestas para evaluar la disponibilidad y manejo actual del agua potable (10 de 42 como ejemplo); y
2. Difusión de información técnica sobre sistemas innovadores como SCALL+PET, humedales artificiales y uso de acrilato de potasio mediante talleres participativos.

En el presente anexo se exponen las evidencias recopiladas durante el trabajo de campo realizado en la comunidad de Xolostitla, Hidalgo, como parte de esta investigación. El material presentado a continuación respalda dos aspectos del estudio:

- Encuestas sobre disponibilidad y manejo del agua:

Se incluyen los resultados detallados de las encuestas aplicadas, las cuales fueron diseñadas para evaluar la situación actual del suministro de agua potable y la percepción de la comunidad sobre la disponibilidad de este recurso. Los datos recopilados ofrecen una visión comprehensiva de la disponibilidad, abundancia y, estrategias existentes para la captación y procesamiento del recurso hídrico. Además, esta información resultó crucial para identificar las necesidades específicas de la población, permitiendo así establecer un modelo piloto que fuera aceptado por los miembros de la comunidad. Este enfoque participativo aseguró que las soluciones propuestas estuvieran alineadas con las expectativas y realidades locales, aumentando significativamente las probabilidades de éxito y sostenibilidad del proyecto

- Talleres participativos:

Se documentan las actividades realizadas durante los talleres comunitarios, enfocados en la transferencia de conocimientos sobre tecnologías sostenibles para el manejo del agua. Como parte de estas sesiones, se efectuó la entrega de dos manuales prácticos:

- ✓ "Manual para la elaboración de un ekomuro"
- ✓ "Manual de elaboración de humedal artificial"

18.1 Encuestas

6

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: 5-Abr-23 # de entrevista 07

Nombre Rosina Lopez Islas Edad 50.

Ocupación Empleada

Dirección Calle San Isidro

Ave. Chapultepec.

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a. Sí
- b. No
- c. No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

No puedo cuidar plantas ni hacer lo que solía hacer.

¿De dónde obtienes agua?

- a. CAASIM
- b. Lluvia
- c. Pozo
- d. Río
- e. Presa

¿Para qué actividades usas más agua?

- a. Labores del hogar
- b. Animales
- c. Agricultura
- d. Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

Uso menos agua para todo y aprovecho el agua sucia.

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

No conozco, uso agua de CAASIM y la de manantial.

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- Sí
b. No

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

Tanques o botes o hacer pozos

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- Sí
b. No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

- Que aprovechen lo más que puedan el agua +
que sea económica

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

Han hecho sistemas y tanques

Reyna López Islas

ENCUESTA DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE XOLOSTITLA

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: 05-Abril-23

de entrevista 02

Nombre Maria Ortiz Pacheco

Edad 75

Ocupación Hogar

Dirección Calle Benito Juarez s/n.

Xolostitla

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a. Si
- b. No
- c. No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

Hog manos secas, frutas, cereales, maíz.

¿De dónde obtienes agua?

- a. CAASIM
- b. Lluvia
- c. Pozo
- d. Río
- e. Presa

¿Para qué actividades usas más agua?

- a. Labores del hogar
- b. Animales
- c. Agricultura
- d. Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

Racionar el agua.

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

Captar agua de lluvia

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- a. Sí
b. No

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

Juntar en botes.

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- a. Sí
b. No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

No se ro fiera tan costosa.

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

Ninguna.

Maria Ortiz P.

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: 05-04-23

de entrevista 03

Nombre Sofía Samperio

Edad 80

Ocupación Empleada de tienda.

Dirección Ave Morelos #50

Xolostitla

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a. Sí
- b. No
- c. No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

Sr. Se siente todo lo del campo.

¿De dónde obtienes agua?

- a. CAASIM
- b. Lluvia
- c. Pozo
- d. Río
- e. Presa

¿Para qué actividades usas más agua?

- a. Labores del hogar
- b. Animales
- c. Agricultura
- d. Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

Anexo agua y junta cuando cae.

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

No

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- Sí
b. No

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

Cuando llueve junta agua de la arboleda.

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- Si
b. No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

Que capture mucha agua qh sea barata

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

No se.

Joséfina Japón

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: 5 de Abril # de entrevista 04

Nombre Gabina Ortiz Pacheco Edad 72 años

Ocupación Hogar

Dirección Av. Benito Juárez

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a. Si
- b. No
- c. No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

SI

¿De dónde obtienes agua?

- a. CAASIM
- b. Lluvia
- c. Pozo
- d. Río
- e. Presa

¿Para qué actividades usas más agua?

- a. Labores del hogar
- b. Animales
- c. Agricultura
- d. Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

comprav pipa

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

NINGUNA

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- a. Sí ✓
- b. No

ANEXO

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

Por escorrentimiento

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- a. Sí ✓
- b. No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

los características Propias del Agua Potable.

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

No

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: 5 - abril - 2023

de entrevista 05

Nombre Lozada Emely

Edad 16

Ocupación Estudiante

Dirección Calle cabacano s/n

col chahacano

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a. Sí
- b. No
- c. No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

la escasez de agua así como la destrucción de flora y fauna del lugar

¿De dónde obtienes agua?

- a. CAASIM
- b. Lluvia
- c. Pozo
- d. Río
- e. Presa

¿Para qué actividades usas más agua?

- a. Labores del hogar
- b. Animales
- c. Agricultura
- d. Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

Ahorrandola y usandola de manera mas responsable

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

Filtración

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- Sí
b. No

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

Captar por medio de arrodeas o terrazas

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- Sí
b. No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

Que se accesible y un poco sustentable

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

Desconosco cuales o si se han implementado algunas

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: 05/04/23

de entrevista 06

Nombre Andrea Marcial Osorio

Edad 28

Ocupación Bibliotecaria

Dirección Call. Morelos Col. Centro

Xolostitla

JAC

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a. Si
- b. No
- c. No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

Si, porque tenemos un huerto familiar y por la sequía no brotan las cosechas

¿De dónde obtienes agua?

- a. CAASIM
- b. Lluvia
- c. Pozo
- d. Río
- e. Presas

¿Para qué actividades usas más agua?

- a. Labores del hogar
- b. Animales
- c. Agricultura
- d. Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

Tratando de reciclarla a la hora de usarla, para trastes, bañarme y cuidarla en no gastar de más.

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

Solo usando el agua doble vez si es necesario.

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- a. Sí
- b. No

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

En represas

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- a. Sí
- b. No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

No tengo idea

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

Ninguna que yo sepa al momento

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: 5 / 04 / 2013

de entrevista 07

Nombre Alicia Samperio Velasco

Edad 40

Ocupación empleada

Dirección Xolostitla

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a. Sí
- b. No
- c. No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

Sí para las personas que cultivan.
+ para el hogar.

¿De dónde obtienes agua?

- a. CAASIM
- b. Lluvia
- c. Pozo
- d. Río
- e. Presas

¿Para qué actividades usas más agua?

- a. Labores del hogar
- b. Animales
- c. Agricultura
- d. Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

Rindiendo pipas de agua.

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

reciclando el agua para el baño patio plantas

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- a. Sí
- b. No

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

con canaletas, tinacos.

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- a. Sí
- b. No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

Cuando lavo la ropa para regar las plantas
para el patio para el baño

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

Pozos

Ariadna Sampedro U.

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: 5-4-23

de entrevista 08

Nombre Elena Somperio V.

Edad 50

Ocupación Comesante

Dirección Xolostitla

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a. Si
- b. No
- c. No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

Sí

¿De dónde obtienes agua?

- a. CAASIM
- b. Lluvia
- c. Pozo
- d. Río
- e. Presa

¿Para qué actividades usas más agua?

- a. Labores del hogar
- b. Animales
- c. Agricultura
- d. Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

Con pipa

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

Reciclando el agua del lavado

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- a. Sí
- b. No

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

Con sistemas y católetas

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- a. Sí
- b. No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

Pues cuando llueve las mano el agua
que sirva que sirva para el baño.

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

Los pozos de hoy hacen de riego,

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: 5 de abril

de entrevista 09

Nombre Fernanda Yamileth S.V.

Edad 18

Ocupación Estudiante

Dirección Calle manzillas #10

La ladera

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a. Sí
- b. No
- c. No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

Sí, A disminuido la productividad de la flora
afectando cosechas y al hogar

¿De dónde obtienes agua?

- a. CAASIM
- b. Lluvia
- c. Pozo
- d. Río
- e. Presa

¿Para qué actividades usas más agua?

- a. Labores del hogar
- b. Animales
- c. Agricultura
- d. Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

Ahorrar el agua, disminuir el uso excesivo
y reutilizar agua

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

de la lluvia, filtrada, o de la que
escurre y reciclar agua

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- a. Sí
b. No

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

Por filtración en escurridizas de la lluvia
y en canaletas, pozos

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- a. Sí
b. No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

Que sea económico, obtener mejor aprovechamiento del agua utilizando curvas del hogar, como canaletas.

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

Se han hecho pozos para la captación del agua
y de manera personal con el agua que escurre
del techo.

Encuesta ¿Qué saben las personas respecto a la captación y procesamiento de agua?

Objetivo: Conocer la situación actual de la disponibilidad y abundancia de agua potable, así como la implementación de estrategias para la captación y procesamiento de agua en la comunidad de Xolostitla, Hgo.

Fecha: 12-04-23

de entrevista 10

Nombre Maria del Carmen Arciga Esteban Edad 77

Ocupación Ama de casa

Dirección Calle Bonito Juarez #6

¿Consideras que ha disminuido la lluvia en los últimos años?

- a.
- b. No
- c. No lo he notado

¿Ha afectado la sequía a tu vida cotidiana? ¿Por qué?

Sí, todo lo que sembro se seca.

¿De dónde obtienes agua?

- CAASIM
- b. Lluvia
- c. Pozo
- d. Río
- e. Presa

¿Para qué actividades usas más agua?

- Labores del hogar
- Animales
- c. Agricultura
- d. Trabajo

¿Cómo has enfrentado la falta de agua?

Ahorro agua, economizandola.

¿Qué formas de procesar agua de diferentes fuentes para uso cotidiano conoces?

Apartar agua cuando llueve

¿Sabías que existen formas de captar agua de diferentes fuentes, por ejemplo de la lluvia?

- a. Sí
b. No

¿Qué técnicas conoces para captar agua?

Junto en cubetas.

Si tuvieras la posibilidad de utilizar tecnologías de captación de agua, ¿las usarías en tu hogar?

- a. Sí
b. No

¿Qué características te gustaría que tuviera la tecnología de captación y procesamiento de agua para poderla implementar en tu hogar?

Que sea fácil de usar, que se preste al terreno.

¿Qué técnicas de captación y procesamiento de agua se han implementado en tu comunidad?

Hacer cisterna

Hacer Cimentrigo

~Hace 27 años el río tenía tanta agua que se llevaba la ropa cuando lavaba, ahora ni cuando llueve mucho se encharca tanto!

18.2 Trípticos informativos

Ekomuro

Puedes armar un ekomuro

¿Qué es?

Es un sistema innovador de captación y almacenamiento de agua pluvial utilizando botellas de PET recicladas



¿Te gustaría saber como armarlo?

Escanea el código QR

REFERENCIAS

- *Torres, R. & Fresquet, A. (2019). Captación de lluvia para descarga de inundaciones en edificio alto en el Vedado. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 40(1), 122-135.
- *Cotillo, M.G. & Murcia, C.Y. (2022). Diseño de un sistema de recolección de aguas pluviales a través botellas PET. Encuentro semilleros de investigación "Cundinamarca científica". Obtenido de: http://uniminuto.dspace.schimagon.es:8080/bitstream/10656/1421/8/3/Memoria_Encuentro%20semilleros%20de%20Investigacion_2022.pdf
- *Eko group H2O. (27 de febrero de 2023). Instructivo de Construcción. Obtenido de: <https://www.ekogroupH2O.com/>

Contacto
pa383571@uaehe.edu.mx

¿Quieres almacenar agua pluvial?

Con poco espacio y económico

Ventajas de implementarlo en casa

Bajo costo
Aprovecha recursos existentes, minimizando la inversión requerida

Sostenible
Reduce la contaminación por plásticos al darle una segunda vida útil al PET

Versátil
Fácil expansión o adaptación según las necesidades de cada persona

Artesanal
Tu lo puedes construir

Estructura



Imagen de un caso práctico

Como puedes ver, no es tan complicado de hacer...

Puedes utilizar el agua almacenada para riego y otros fines no potables

Humedal artificial

¿QUÉ ES EL AGUA GRIS?

Es el agua que se genera por lavar trastes, ropa, uso de regadera, entre otras. Se caracteriza por no tener residuos fecales, es decir, se excluye el agua proveniente del inodoro.



Al tener menos contaminantes, es más fácil de reciclar. Sin embargo, si la descargas al ambiente sin tratarla, por ejemplo al regar las plantas, con el paso del tiempo puedes alterar la composición del suelo, contaminar acuíferos, tener un impacto negativo en la biodiversidad, entre otros. Por lo que se debe tratar antes de verterla al ambiente.

¿DÓNDE INVESTIGO MÁS PARA CONSTRUIRLO?

En este QR encontrarás un manual con la información para construir, mantener y usar el humedal.



★★★★★

También puedes buscar manuales en diversas instituciones como el IMTA.

Referencias

- IMTA. (2022). ¿Cómo construir un humedal para el tratamiento del agua residual en mi escuela? CDMX: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Obtenido de: <https://www.gob.mx/mintia/contenidos/como-construir-un-humedal-para-el-tratamiento-del-agua-residual-en-mesquela-317703>
- Antezana-Cortés, V., Quevedo-Nolasco, A., Valle-Paniagua, D., Castro-Popoca, M., Bravo-Vinaja, A., & Ramírez-Zepedá, J. (2019). Estado del arte: una revisión actual a los mecanismos que realizan los humedales artificiales para la remoción de nitrógeno y fósforo. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(45), 319-343.
- Panisello, P., Moreira, A., & Mackie, M. (2018). Estudio del comportamiento de la DOB en un humedal artificial de flujo vertical para tratar agua gris. ResearchGate. Obtenido de: <https://www.researchgate.net/publication/222444478>
- Rana, V., Mati, S.K. (2018). Municipal wastewater treatment potential and metal accumulation strategies of *Celosia esculenta* (L.) Schott and *Typha latifolia* L. In a constructed wetland. *Environ Monit Assess*, 190, 328.



Contacto
pa38357@uach.edu.mx

¿CÓMO LIMPIAR LAS AGUAS GRISES EN MI CASA?



ELABORA UN HUMEDAL ARTIFICIAL

Es una tecnología que ayuda a tratar el agua, mejorando su calidad antes de liberarla al ambiente. Son de bajo costo, poco mantenimiento, fáciles de operar y puedes usarlos como ornamento.

¿QUÉ SON LOS HUMEDALES ARTIFICIALES?

Ecosistemas que imitan las funciones de humedales naturales, ayudan a tratar agua mediante procesos físicos, químicos y biológicos.



Eliminan contaminantes por sus microorganismos, plantas y sustrato. Remueven contaminantes a un bajo costo de operación y mantenimiento, son amigables con el medio ambiente, tienen alta durabilidad y se adaptan a diferentes escenarios.

¿POR QUÉ CONSTRUIR UNO EN MI CASA?

Debido a que la escasez de agua es un problema recurrente, debemos pensar en nuevas formas de reutilizar el agua disponible.

Este método de tratamiento lo puedes construir en casa con material a tu alcance y no requiere de mucho espacio,

CUIDADOS QUE REQUIEREN

- Podas a las plantas
- Limpieza
- Control de crecimiento de plantas (quitar ejemplares, resiembras, control de otras especies)
- Mantenimiento en general



Acrílato de potasio



Conoce más acerca del acrílato de potasio

¿Qué es?

Es un polímero superabsorbente (SAP), es decir, es un material que tiene la capacidad de absorber y retener grandes cantidades de agua. Es similar al que usan en los pañales para retener la humedad.

¿Cómo se usa?



Existen diversas marcas que lo venden, para la marca "Riego sólido" te recomiendo en un bote de yogurt de 1 L. agregar una cucharada soperas de acrílato de potasio. Agregar 500 mL de agua y esperar cinco horas a que el hidrogel absorba el agua.

Información extra

El acrílato lo puedes conseguir en algunas tiendas de autoservicio o comprar en línea, para la marca "Riego sólido" lo puedes conseguir en el siguiente link:

https://www.riegosolido.com/?srstid=AfmBOorJqvXpoWvbDSmAYwJuVuj38cy_lX7XEZXcZe_N7aBfsbNY3BN

Referencias:

- Neethu, T.M., Dubey, P.K. & Kaswala, A.R. (2018). Prospects and Applications of Hydrogel Technology in Agriculture. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(5), 3155-3162.
- Liang, D., Du, C., Ma, F., Shen, Y., Wu, K. & Zhou, J. (2018). Degradation of Polyacrylate in the Outdoor Agricultural Soil Measured by FTIR-PAS and LIBS. Polymers, 10 (12), 1296.
- Elshafie, H.S. & Camele, H. (2021). Applications of Absorbent Polymers for Sustainable Plant Protection and Crop Yield. Sustainability, 13(6): 3253.

CONTACTO:

pa383571@uaeh.edu.mx
ady_palamo@upp.edu.mx

Una vez hidratado...

Cuando las bolitas de hidrogel se hayan "inflado" puedes revolverla en la tierra donde vas a sembrar, riega la tierra y repite el riego cada cuatro días.



Reduces el riego porque el agua se quedará en las bolitas de hidrogel manteniendo la humedad del suelo. Además reduce la erosión y mejora la estructura del suelo.

Gasta menos agua en tus cultivos pero, ¿cómo?



¿Es malo para la salud o el medio ambiente?



Es resistente hasta por 10 años en el suelo. Sin embargo, su uso en cantidades controladas para la agricultura no representa un peligro para la salud. Progresivamente se va a ir degradando y no se considera tóxico para el medio ambiente. Sin embargo, no se debe vertir en cuerpos de agua porque puede afectar la calidad del agua y vida acuática.

18.3 Pláticas informativas

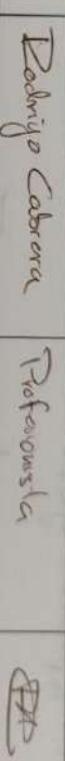
Se realizó la convocatoria a las pláticas mediante un flyer que se publicó en redes sociales tanto de la comunidad como del municipio, incluyendo la página oficial de Facebook del Ayuntamiento de Epazoyucan. Se realizaron tres pláticas con una duración de una hora y media. Entre las tres pláticas se tuvo un total de 12 asistentes.

Lista de asistencia a las pláticas

Lista de asistencia a las pláticas "Uso sustentable del agua ¿Cómo disponer de agua para riego en época de sequía?"

Fecha	Horario de asistencia	Nombre	Ocupación	Firma
1 22/10/24	12:30	1 Piedad Davis	Maestra Docente	
2 22/10/24	12:43	52 Elena Sánchez V.	Doméstica	
3 22/10/24	12:43	71 Elena Tolentino V.	Docente	
4 22/10/24	12:43	72 Alba Saavedra V.	Empresaria	
5 22/10/24	13:55	37 Margarita Ordóñez Tafolla	Ama de casa	
6 22/10/24	13:57	10 Abril Lona Ortega	estudiante	
7 22/10/24	1:58	8 Cristopher Sánchez estudiante		
8 22/10/24	4:59	11 Sharon G.H	estudiante	
9 22/10/24	2:00	9 Allison Ordóñez Maciel	estudiante	
10 22/10/24	2:1	6 Emilia Núñez	estudiante	

Lista de asistencia a las pláticas "Uso sustentable del agua ¿Cómo disponer de agua para riego en época de sequía?"

Fecha	Horario de asistencia	Nombre	Ocupación	Firma
1 22/10/2024	2 : 07 pm 17.	Luis 14 Dennis Luna Ortega.	Estudiante	L. D. L.O
2 23/10/2024	4:30 44	Dorothy Cabral	Profesionala	
3 Nicole				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Constancia de las pláticas



El Ayuntamiento de Epazoyucan extiende la presente

CONSTANCIA

IBT. ADRIANA PALOMO MARTÍNEZ

Por realizar las pláticas **USO SUSTENTABLE DEL AGUA** los días 22 y 23 de octubre en la Sala de Lectura Comunitaria "Botiquín para el alma" ubicada en Xolostitla de Morelos, localidad de Epazoyucan Hidalgo.

Epazoyucan miércoles 23 de octubre de 2024.

DIRECCIÓN
CULTURA
MUNICIPAL

C. Carlos Montaño Rodríguez
Presidente Municipal de Epazoyucan

Evidencias de las pláticas



Figura 61. Participación de los asistentes



Figura 62. Lluvia de ideas



Figura 63. Plática informativa



Figura 64. Donación de manuales del modelo piloto

18.4 Entrega de manuales de donación

Oficio de Recepción de Donación de material bibliográfico

Sala de lectura "Botiquín para el alma"

Xolostitla de Morelos, Epazoyucan

23 de octubre de 2024

A quien corresponda:

Por medio de la presente, se hace constar que hemos recibido en fecha
23 de octubre de 2024. la donación de material bibliográfico
realizada por Adriana Palomo Martínez.

Detalles de la donación:

"Manual para la elaboración de un ekomuro"

"Manual de elaboración de Humedal Artificial"

Agradecimiento:

Agradecemos a Adriana Palomo Martínez por su generosidad y compromiso con la educación ambiental en nuestra comunidad. Este material será de gran valor para nuestros usuarios y contribuirá al enriquecimiento de nuestros recursos bibliográficos.



23 OCT 2024

SALA DE LECTURA
XOLOXTITLA
RECIBIDO

Lesh Andrea Marcial Osorio

Atentamente

19. ANEXO III: TÉCNICO

Resultados de análisis de la calidad del agua, bitácoras de crecimiento de las plantas de lavanda, manual para la elaboración de un ekomuro, manual para la elaboración de humedal artificial y formato de bitácoras de apoyo.

Objetivo: Documentar los resultados técnicos del proyecto incluyendo los manuales operativos, y establecer materiales de apoyo como formatos de bitácoras para facilitar el seguimiento y evaluación del proceso.

En el presente anexo se documentan los resultados técnicos del modelo piloto y herramientas para su registro, evaluación y seguimiento en concordancia con el marco normativo aplicable.

Los análisis de la calidad de agua se realizaron en el área académica de Química en la UAEH y permitieron evaluar la calidad hídrica tanto en el humedal artificial como en el ekomuro. Los resultados obtenidos permiten identificar mejoras potenciales en el sistema.

De igual forma, se encuentran los registros de crecimiento de las plantas de lavanda a lo largo del tiempo. Monitoreando datos importantes para el análisis de la eficacia al implementar el acrilato de potasio.

Adicionalmente se presentan los manuales operativos del humedal artificial y del ekomuro, proporcionando instrucciones paso a paso para llevar a cabo la construcción, forma de uso y mantenimiento del modelo piloto.

Por último se muestran los formatos de bitácoras de apoyo, diseñadas para facilitar el registro continuo y sistemático de los datos relevantes para el proyecto.

Este compendio de información técnica y operativa representa un importante recurso para la implementación y gestión eficaz del proyecto.

19.1 Análisis del agua del ekomuro

Análisis físicoquímico correspondiente a julio

UAEH

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences
Área Académica de Química
Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 2 de Julio de 2024
No. de control ICBI /AAQ/0853/2024
Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martínez
Pachuca, Hgo.
Presente.

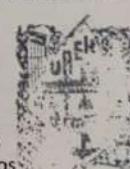
Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis físico-químico de 1 muestra de agua residual

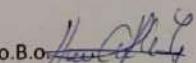
Descripción de la muestra:
Lugar: Pachuca, Hidalgo
Origen: Residual (plubial)
Fecha: 26 de Junio de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001- ECOL-1996
1.	pH	7.6	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	6.0	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	0.2	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	15.0	mg/l	60.0
7.	Demandा Bioquímica	77.6	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.1	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0.1	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.0	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	0.3	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.0	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.1	mg/l	4.0
17.	Plomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.0	mg/l	20.0
19.	Demandा química de Ox.	103.50	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de servicios Analíticos


V.o.B.O. 
Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.

QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS 2024 **THE Times Higher Education**

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Callejón del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@ueah.edu.mx, nandrade@ueah.edu.mx

uaeh.edu.mx

Análisis microbiológico correspondiente a julio



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A 2 de Julio de 2024

No de control:ICBI/AAQ/0853/2024

Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra :01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestreo 26/Junio/24 9:00 Hrs.
Tipo de muestra Agua residual (pluvial)	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 26/Junio/24 10:15 Hrs.

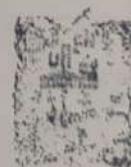
Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto directo	2000	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto indirecto u ocasional	150.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de Servicios Analíticos

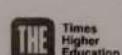
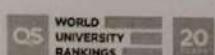


V.o.B.o.

Dra. Noemí Andrade López
Jefa del A.A.Q.

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Química

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uah.edu.mx, nandrade@uah.edu.mx



uah.edu.mx

Análisis fisicoquímico correspondiente a octubre



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 10 de Octubre de 2024

No. de control ICBI /AAQ/1978/2024

Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martínez

Pachuca, Hgo.

Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis fisico-químico de 1 muestra de agua residual

Descripción de la muestra:

Lugar: Pachuca, Hidalgo

Origen: Residual (Ekomuro)

Fecha: 2 de Octubre de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001- ECOL-1996
1.	pH	4.95	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	14.1	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	0.1	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	79	mg/l	60.0
7.	Demanda Bioquímica	320.0	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.1	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0.1	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.0	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	1.8	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.1	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.0	mg/l	4.0
17.	Pbomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.0	mg/l	20.0
19.	Demanda química de Ox.	430.0	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

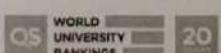
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de servicios Analíticos

V.o.B.o.

Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.



Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Análisis microbiológico correspondiente a octubre



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A 10 de Octubre de 2024

No de control: ICBI/AAQ/1977/2024

Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra : 01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestreo 2/Octubre/24 9:00 Hrs.
Tipo de muestra Agua residual (Ekomuro)	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 2/Octubre/24 10:15 Hrs.

Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto directo	Incontable	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto indirecto u ocasional	500.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

ATENTAMENTE ~~UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO~~
"Amor, Orden y Progreso"



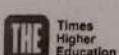
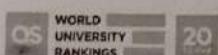
IQI Raúl Castillo Téllez

Responsable de Servicios Analíticos

Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Química

V.o.B.o.

Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088, 40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Análisis fisicoquímico después de la limpieza al filtro ekomuro



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 30 de Octubre de 2024

No. de control ICBI /AAQ/2255/2024

Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martínez

Pachuca, Hgo.

Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis físico-químico de 1 muestra de agua residual

Descripción de la muestra:

Lugar: Pachuca, Hidalgo

Origen: agua pluvial

Fecha: 24 de Octubre de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001- ECOL-1996
1.	pH	4.8	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	0.0	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	0.0	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	161.0	mg/l	60.0
7.	Demandा Bioquímica	65.0	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.0	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0.0	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.0	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	0.2	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.0	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.0	mg/l	4.0
17.	Plomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.0	mg/l	20.0
19.	Demandा química de Ox.	86.0	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD

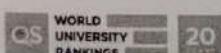
HABO DI H

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de servicios Analíticos



V.o.B.o.
Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.



Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Análisis microbiológico después de la limpieza al filtro ekomuro



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences
Área Académica de Química
Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A 30 de Octubre de 2024
No de control:ICBI/AAQ/2255/2024
Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra :01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestreo 24/Octubre/24 10:00 Hrs.
Tipo de muestra Agua pluvial	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 24/Octubre/24 12:15 Hrs.

Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto directo	250.0	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto indirecto u ocasional	100.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

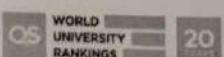
IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de Servicios Analíticos

V.o.B.o.

Dra. Noemí Andrade López
Jefa del A.A.Q.

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Química

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx



uaeh.edu.mx

19.2 Análisis del agua del humedal artificial

Análisis fisicoquímico del influente correspondiente a abril

UAH

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences
Área Académica de Química
Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 22 de Abril de 2024
No. de control ICBI /AAQ/0468/2024
Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martínez
Pachuca, Hgo.
Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis físico-químico de 1 muestra de agua residual.

Descripción de la muestra:
Lugar: Pachuca, Hidalgo
Origen: Residual (Influyente)
Fecha: 15 de Abril de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001- ECOL-1996
1.	pH	6.13	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	20.8	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	9.0	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	148.7	mg/l	60.0
7.	Demanda Bioquímica	255.0	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.1	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0.2	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.05	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	1.4	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.2	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.1	mg/l	4.0
17.	Pbomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.3	mg/l	20.0
19.	Demanda química de Ox.	340.0	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

[Signature]

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de servicios Analíticos

[Seal]

V.o.B.o. *[Signature]*
Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Química

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 2200, 2201
Fax 6502
aaq_icbi@uaeh.edu.mx

QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS 20 YEARS THE Times Higher Education

uaeh.edu.mx

Análisis microbiológico del influente correspondiente a abril



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A 22 de Abril de 2024

No de control:ICBI/AAQ/0468/2024

Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra :01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestreo 15/Abril/24 9:00 Hrs.
Tipo de muestra Agua residual (influente)	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 15/Abril/24 10:15 Hrs.

Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto directo	Incontable	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto indirecto u ocasional	1380.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

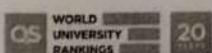
IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de Servicios Analíticos



V.o.B.o.

Dra. Noemí Andrade López
Jefa del A.A.Q.

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Química



uaeh.edu.mx

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 2200, 2201
Fax 6502
aaq_icbi@uaeh.edu.mx

Análisis fisicoquímico del efluente correspondiente a abril



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 22 de Abril de 2024

No. de control ICBI /AAQ/0469/2024

Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martinez

Pachuca, Hgo.

Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis físico-químico de 1 muestra de agua residual

Descripción de la muestra:

Lugar: Pachuca, Hidalgo

Origen: Residual (efluente)

Fecha: 15 de Abril de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001- ECOL-1996
1.	pH	8.1	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	13.5	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	0.1	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	17.0	mg/l	60.0
7.	Demandra Bioquímica	228.0	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.1	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0.1	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.05	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	1.0	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.2	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.1	mg/l	4.0
17.	Plomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.3	mg/l	20.0
19.	Demandra química de Ox.	304.0	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de servicios Analíticos

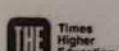
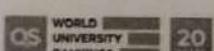


V.o.B.o.
Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Química

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 2200, 2201
Fax 6502
aaq_icbi@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx



Análisis microbiológico del efluente correspondiente a abril



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences
Área Académica de Química
Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A 22 de Abril de 2024

No de control:ICBI/AAQ/0469/2024

Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra : 01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestreo 15/Abril/24 9:00 Hrs.
Tipo de muestra Agua residual (efluente)	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 15/Abril/24 10:15 Hrs.

Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto directo	Incontable	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto indirecto u ocasional	980.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

ATENTAMENTE
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez

Responsable de Servicios Analíticos

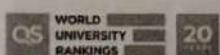
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Química

V.o.B.o.
Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 2200, 2201
Fax 6502
aaq_icbi@uah.edu.mx



uah.edu.mx

Análisis fisicoquímico del influente correspondiente a julio



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences
Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 2 de Julio de 2024

No. de control ICBI /AAQ/0851/2024

Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martinez

Pachuca, Hgo.

Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis fisico-químico de 1 muestra de agua residual

Descripción de la muestra:

Lugar: Pachuca, Hidalgo

Origen: Residual (Influente)

Fecha: 26 de Junio de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001- ECOL-1996
1.	pH	5.84	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	18.5	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	12.0	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	109.8	mg/l	60.0
7.	Demandra Bioquímica	285.0	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.1	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0.1	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.05	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	1.3	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.1	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.1	mg/l	4.0
17.	Pbomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.1	mg/l	20.0
19.	Demandra química de Ox.	380.0	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de servicios Analíticos



V.o.B.o.

Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.



Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Análisis microbiológico del influente correspondiente a julio



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences
Área Académica de Química
Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A 2 de Julio de 2024

No de control:ICBI/AAQ/0851/2024

Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra : 01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestreo 26/Junio/24 9:00 Hrs.
Tipo de muestra Agua residual (influyente)	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 26/Junio/24 10:15 Hrs.

Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto directo	Incontable	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto indirecto u ocasional	1250.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"



IQI Raúl Castillo Téllez

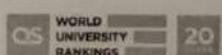
Responsable de Servicios Analíticos

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Química

V.O.B.O.

Dra. Noemí Andrade López
Jefa del A.A.Q.



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088, 40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Análisis fisicoquímico del efluente correspondiente julio



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 2 de Julio de 2024

No. de control ICBI /AAQ/0852/2024

Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martínez

Pachuca, Hgo.

Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis fisico-químico de 1 muestra de agua residual

Descripción de la muestra:

Lugar: Pachuca, Hidalgo

Origen: Residual (efluente)

Fecha: 26 de Junio de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001-ECOL-1996
1.	pH	7.16	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	12.1	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	0.3	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	23.3	mg/l	60.0
7.	Demandra Bioquímica	232.5	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.1	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0.1	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.0	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	1.0	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.2	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.0	mg/l	4.0
17.	Plomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.0	mg/l	20.0
19.	Demandra química de Ox.	310.0	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE

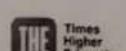
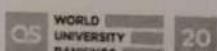
"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de servicios Analíticos



V.O.B.O.

Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.



Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Química

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087

aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Análisis microbiológico del efluente correspondiente julio



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences
Área Académica de Química
Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A. 2 de Julio de 2024

No de control:ICBI/AAQ/0852/2024

Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra :01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestreo 26/Junio/24 9:00 Hrs.
Tipo de muestra Agua residual (efluente)	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 26/Junio/24 10:15 Hrs.

Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto directo	Incontable	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto indirecto u ocasional	700.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de Servicios Analíticos

V.O.B.o.

Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uah.edu.mx, nandrade@uah.edu.mx



uah.edu.mx

Análisis fisicoquímico del influente correspondiente a septiembre



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 4 de Septiembre de 2024

No. de control ICBI /AAQ/1868/2024

Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martinez

Pachuca, Hgo.

Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis físico-químico de 1 muestra de agua residual

Descripción de la muestra:

Lugar: Pachuca, Hidalgo

Origen: Residual (efluente) ^{influyente}

Fecha: 29 de Agosto de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001- ECOL-1996
1.	pH	5.87	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	18.1	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	0.1	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	151.0	mg/l	60.0
7.	Demanda Bioquímica	510.0	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.3	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0.2	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.0	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	1.8	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.1	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.0	mg/l	4.0
17.	Plomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.0	mg/l	20.0
19.	Demanda química de Ox.	680.0	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

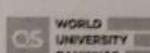
ATENTAMENTE

"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de servicios Analíticos



V.o.B.o.
Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.



Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Química

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184.
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Análisis microbiológico del influente correspondiente a septiembre



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A 4 de Septiembre de 2024

No de control:ICBI/AAQ/1868/2024

Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra : 01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestro: 29/Agosto/24 9:00 Hrs.
Tipo de muestra: Agua residual (efluente) <i>Influyente</i>	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 29/Agosto/24 10:15 Hrs.

Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto directo	Incontable	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto indirecto u ocasional	950.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

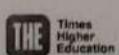
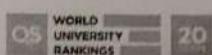
IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de Servicios Analíticos

V.o.B.o.

Dra. Noemí Andrade López
Jefa del A.A.Q.

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Química



Cludad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Análisis fisicoquímico del efluente correspondiente a septiembre



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 10 de Septiembre de 2024

No. de control ICBI /AAQ/1899/2024

Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martínez

Pachuca, Hgo.

Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis físico-químico de 1 muestra de agua residual

Descripción de la muestra:

Lugar: Pachuca, Hidalgo

Origen: Residual *Efluente*

Fecha: 4 de Septiembre de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001- ECOL-1996
1.	pH	6.7	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	9.6	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	0.2	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	125.0	mg/l	60.0
7.	Demandra Bioquímica	315.3	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.1	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0. 1	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.05	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	0.8	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.1	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.1	mg/l	4.0
17.	Pbomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.1	mg/l	20.0
19.	Demandra química de Ox.	420.5	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de servicios Analíticos

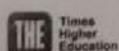
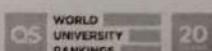


V.O.B.O.
Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Química

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71720 00 Ext. 40088,
40087
saq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx



uaeh.edu.mx

**Análisis microbiológico del efluente correspondiente a
septiembre**



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A 10 de Septiembre de 2024

No de control: ICB/AAQ/1899/2024

Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra : 01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestreo 4/Septiembre/24 10:00 Hrs.
Tipo de muestra Agua residual <i>Efluente</i>	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 4/Septiembre/24 12:15 Hrs.

Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contato directo	Incontable	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contato indirecto u ocasional	650.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE

"Amor, Orden y Progreso"



IQI Raúl Castillo Téllez

Responsable de Servicios Analíticos

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Química

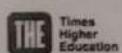
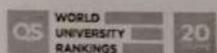
V.o.B.o.

[Signature]
Dra. Noemí Andrade López

Jefa del A.A.Q.

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo. México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx



Análisis fisicoquímico del influente correspondiente a octubre



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 10 de Octubre de 2024

No. de control ICB1 /AAQ/1976/2024

Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martinez

Pachuca, Hgo.

Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis fisico-químico de 1 muestra de agua residual

Descripción de la muestra:

Lugar: Pachuca, Hidalgo

Origen: Residual (Influyente)

Fecha: 2 de Octubre de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001- ECOL-1996
1.	pH	4.5	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	12.6	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	2.0	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	88.0	mg/l	60.0
7.	Demandia Bioquímica	350.0	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.1	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0.1	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.05	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	1.0	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.1	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.1	mg/l	4.0
17.	Plomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.0	mg/l	20.0
19.	Demandia química de Ox.	466.5	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

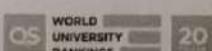
IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de servicios Analíticos



V.o.B.o.
Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Química

Cludad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx



uaeh.edu.mx

Análisis microbiológico del influente correspondiente a octubre



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences
Área Académica de Química
Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A 10 de Octubre de 2024

No de control:ICBI/AAQ/1976/2024

Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra : 01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestreo 2/Octubre/24 10:00 Hrs.
Tipo de muestra Agua residual(influyente)	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 2/Octubre/24 12:15 Hrs.

Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto directo	Incontable	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto indirecto u ocasional	650.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

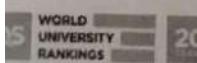
IQI Raúl Castillo Téllez
Responsable de Servicios Analíticos

V.o.B.o.

Dra. Noemí Andrade López
Jefa del A.A.Q.

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Química

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx



Análisis fisicoquímico del efluente correspondiente a octubre



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. a 10 de Octubre de 2024

No. de control ICBI /AAQ/1977/2024

Asunto : entrega de resultados

Adriana Palomo Martínez

Pachuca, Hgo.

Presente.

Por medio de la presente envío a Ud. los resultados de un análisis fisico-químico de 1 muestra de agua residual

Descripción de la muestra:

Lugar: Pachuca, Hidalgo

Origen: Residual (efluente)

Fecha: 2 de Octubre de 2024

No.	Parámetro	M1	Unidades	NOM-001- ECOL-1996
1.	pH	5.4	u. de pH	5.5-8.5
2.	Temperatura	14.0	°C	40.0
3.	Grasas y aceites	19.0	mg/l	25.0
4.	Materia flotante	Ausente	Ausente	Ausente
5.	Sólidos Sedimentables	0.5	mg/l	2.0
6.	Sólidos suspendidos	112.0	mg/l	60.0
7.	Demanda Biológica	353.2	mg/l	60.0
8.	Nitrógeno Total	0.2	mg/l	25.0
9.	Fósforo	0.1	mg/l	10.0
10.	Arsénico	0.0	mg/l	0.2
11.	Cadmio	0.0	mg/l	0.2
12.	Cianuro	0.0	mg/l	2.0
13.	Cobre	1.4	mg/l	6.0
14.	Cromo Hexavalente	0.1	mg/l	1.0
15.	Mercurio	0.0	mg/l	0.01
16.	Níquel	0.0	mg/l	4.0
17.	Plomo	0.1	mg/l	0.4
18.	Zinc	0.0	mg/l	20.0
19.	Demanda química de Ox.	471.0	mg/l	-----

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE

"Amor, Orden y Progreso"



IQI Raúl Castillo Téllez

Responsable de servicios Analíticos

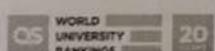
V.o.B.o.
Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Química

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uaeh.edu.mx, nandrade@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx



Análisis microbiológico del efluente correspondiente a octubre



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Química

Department of Chemistry

Mineral de la Reforma Hgo. A 10 de Octubre de 2024

No de control: ICB/AAQ/1977/2024

Asunto : Entrega de resultados

A quien corresponda:

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO

No. Muestra : 01	Empresa: ADRIANA PALOMO MARTINEZ	Fecha y hora muestreo 2/Octubre/24 9:00 Hrs.
Tipo de muestra Agua residual (efluente)	Muestreo REALIZADO POR EL USUARIO	Fecha y hora llegada al laboratorio: 2/Octubre/24 10:15 Hrs.

Parámetro	Resultado	Unidades	NOM-001-ECOL- 1996
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto directo	Incontable	NMP/100 ml	1000-2000
Recuento del NMP de Organismos Coliformes fecales incubados a 44°C de 24 a 48 Hrs. Contacto indirecto u ocasional	700.0	NMP/100ml	1000

Sin más por el momento quedo de Ud.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"



IQI Raúl Castillo Téllez

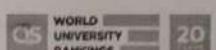
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Responsable de Servicios Analíticos

Área Académica de Química

V.O.B.O.

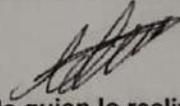
Dra. Noemí Andrade López
Jefe del A.A.Q.

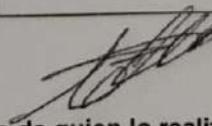


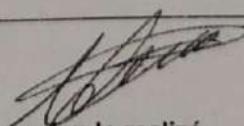
Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40088,
40087
aaq_icbi@uah.edu.mx, nandrade@uah.edu.mx

uah.edu.mx

Limpieza y mantenimiento del ekomuro

Bitácora de limpieza y mantenimiento "SCALL+PET"	
Fecha 18 de mayo de 2024	No. de reporte 07
Datos del encargado	
Nombre Adriana Palomo	Teléfono 7711860424
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	Se desmonta por rotura de estructura, no soportó el peso y se rompió.
Observaciones	Se harán modificaciones a la estructura.
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	N/A
 Firma de quien lo realizó	

Bitácora de limpieza y mantenimiento "SCALL+PET"	
Fecha 26-06-24	No. de reporte 02
Datos del encargado	
Nombre Adriana Palomo Mtz Teléfono 7711860424	
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	Se reforzaron uniones con cinta teflon.
Observaciones	Se vacio el SCALL + PET para verificar funcionamiento. No hay fugas
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	26-08-24
 Firma de quien lo realizó	

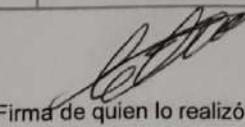
Bitácora de limpieza y mantenimiento "SCALL+PET"	
Fecha 17-Sep-24	No. de reporte 03
Datos del encargado	
Nombre Adriana Palomo	Teléfono 7711860424
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	Supervisión. - Vaciado del Ekomero (el agua se veía algo verde)
Observaciones	Se recomienda colocar más cinta teflon en las uniones, todo tiene buen mantenimiento
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	17-Nov-24
 Firma de quien lo realizó	

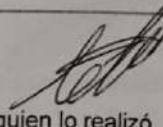
Bitácora de limpieza y mantenimiento "SCALL+PET"

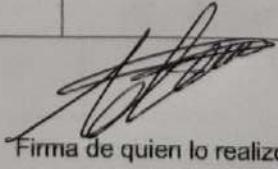
Fecha	12-Oct-24	No. de reporte	04
Datos del encargado			
Nombre	Adriana P.		
	Teléfono 7711860424		
Datos de la actividad			
Descripción de la actividad	Se limpió el filtro Se reforzó la cinta teflón.		
Observaciones	Se desmontó el filtro, se lavó el lecho filtrante y se cambió el carbon activado		
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	12-Nov-24		
Firma de quien lo realizó			

Limpieza y mantenimiento del humedal artificial

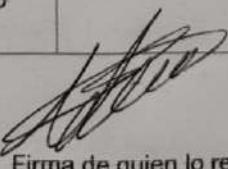
Bitácora de limpieza y mantenimiento "Humedal artificial"	
Fecha 05 - Noviembre - 23	No. de reporte 01
Datos del encargado	
Nombre Adriana Palomo Martínez	Teléfono 7711860424
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	Se cambió la salida de llave de colecta, de tubería PVC a brida de tanque adaptada.
Observaciones	No presenta fugas, las plantas están bien.
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	05 - Dic - 23, remover hojas
Firma de quien lo realizó	

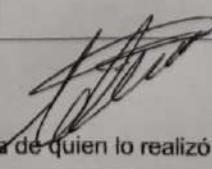
Bitácora de limpieza y mantenimiento "Humedal artificial"	
Fecha 09 de enero de 2024	No. de reporte 02
Datos del encargado	
Nombre Adriana Palomo	Teléfono 7711860424.
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	Se removieron hojas del humedal y se cortaron puntas secas de la cola de caballo.
Observaciones	La cola de caballo, algunas matas (2) presentaron tallos amarillos.
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	05-Marzo-24
 Firma de quien lo realizó	

Bitácora de limpieza y mantenimiento "Humedal artificial"	
Fecha	28 de marzo de 2024
	No. de reporte 03
Datos del encargado	
Nombre	Adriana
	Teléfono 7711860424
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	Se retiraron hojas y basura del humedal. Se hizo limpieza de trompa de grasa
Observaciones	El riego con agua gris no ha tapado la tubería. El centro ^{tubo} sigue seco pero empiezan a nacer nuevas plantas.
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	15 de mayo 2024
 Firma de quien lo realizó	

Bitácora de limpieza y mantenimiento "Humedal artificial"	
Fecha 30-Abril-24	No. de reporte 04
Datos del encargado	
Nombre Adriana	Teléfono 771860424
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	Se limpio la trampa de grasa Se quito hierba del humedal.
Observaciones	La trampa de grasa se veia muy sucia por lo que se realizo limpieza antes de la fecha propuesta.
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	30-Junio-24.
 Firma de quien lo realizó	

Bitácora de limpieza y mantenimiento "Humedal artificial"	
Fecha 28 - Junio - 24	No. de reporte 05
Datos del encargado	
Nombre Adriana P.	Teléfono 7711860424
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	Se quitaron hierbos y hojas del humedal Se limpió la trampa de gosa
Observaciones	Se acomodaron los tubos de 1/2" y se reforzó la espuma de poliuretano por una pequeña fuga.
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	28 - Agosto - 24
Firma de quien lo realizó	

Bitácora de limpieza y mantenimiento "Humedal artificial"	
Fecha 27 - Agosto - 24	No. de reporte 36
Datos del encargado	
Nombre Adriana	Teléfono 7711860424
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	Se quito hierbas secas y se hizo limpieza a la trampa de grasa
Observaciones	Se ven muy bien las plantas y ambas especies están reproduciéndose bien.
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	28 - Oct - 24
 Firma de quien lo realizó	

Bitácora de limpieza y mantenimiento "Humedal artificial"	
Fecha 12-Oct-24	No. de reporte 07
Datos del encargado	
Nombre Adriana P.	Teléfono 771860424.
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	Se quitaron hojas secas, hierbas y podaron hojas secas de las plantas Limpieza de la trampa de grasa.
Observaciones	Se adelanto la limpieza porque se presenta exceso de hierbas y hojas secas en el humedal
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	12-Dic-24
 Firma de quien lo realizó	

Crecimiento de la Lavanda: Seguimiento y Observaciones

Número de planta	Fecha de riego	Largo de la planta (cm)	Ancho de la planta (cm)	Presencia-ausencia de puntas secas	Cambios en la coloración de la planta	Observaciones	
						Semana	N/A
1	25-07-24	36	15	No			
2	"	38	17	"	"		
3	"	30	13	"	"		
4	"	35	13	Si	"		
5	"	36	18	No	"		
6	"	25	14	"	"		
7	"	26	15	"	"		
8	"	29	17	"	"		
9	"	20	13	"	"		
10	"	28	16	"	"		
11	"	29	15	"	"		
12	"	29	16	"	"		
13	"	35	14	"	"		
14	"	24	15	Si	"		
15	"	20	12	No	"		
16	"	30	17	"	"		
17	"	36	17	"	"		
18	"	27	16	"	"		
19	"	26	15	"	"		
20	"	20	15	"	"		

Número de planta	Fecha de riego	Largo de la planta	Ancho de la planta	Presencia-ausencia de puntas secas	Cambios en la coloración de la planta	Observaciones
21	25-07-24	23	14	No	NA	"
22	"	30	16	"	"	"
23	"	20	13	"	"	"
24	"	30	16	"	"	"
25	"	30	18	"	"	"
26	"	30	16	"	"	"
27	"	30	20	No	"	"
30 de Julio y 8 de Ago.						
1		42	15	No	No	-
2	"	41	17	"	"	-
3	"	35	15	"	"	-
4	"	38	16	"	"	-
5	"	38	26	No	"	-
6	"	29	15	"	"	-
7	"	29	15	"	"	-
8	"	29	17	"	"	-
9	"	22	14	"	"	-
10	"	32	16	"	"	-
11	"	32	15	"	"	-
12	"	29.	16	"	"	-

Número de planta	Fecha de riego cm	Largo de la planta cm	Ancho de la planta	Presencia- ausencia de puntas secas	Cambios en la coloración de la planta	Observaciones
13	"	37	14	No	No	
14	"	26	15	Si	No	
15	"	25	14	No	"	Floraciones.
16	"	23	18	"	"	-
17	"	32	17	"	"	-
18	"	30	17	"	"	-
19	N/A	28	15	"	"	Sin riego se ven un poco secas.
20	"	24	15	"	"	-
21	"	25	15	"	"	-
22	"	32	16	"	"	-
23	"	25	14	"	"	-
24	"	31	16	"	"	-
25	"	30	19	"	"	-
26	"	32	16	Si	"	-
27.	"	32	20	No	"	-
<u>SEMANA 5</u>						
1	18 de Agosto	49	15	No		Amanilla, parte inferior es amarillento
2	"	41	16	"	"	"
3	"	40	15	"	"	"
4	"	40	16	"	No	-

Número de planta	Fecha de riego	Largo de la planta cm	Ancho de la planta cm	Presencia-ausencia de puntas secas	Cambios en la coloración de la planta	Observaciones
5	13, 18 y 21 de agosto	42	20	Si	No	Flor es secas
6	"	31	17	Si	No	Flor es secas
7	"	32	16	Si	No	Flor es secas
8	"	30	18	No	No	
9	"	22	15	"	No	
10	"	33	16	Si	"	
11	"	35	15	Si	Si	Se ve enfermado y se estornuda
12	"	31	15	Si	Si	Se ve enfermado y se estornuda
13	"	39	14	No	No	
14	"	32	16	"	"	
15	"	28	14	"	"	
16	"	35	16	"	"	
17	"	35	17	"	"	
18	"	32	17	"	"	
19	10/9	30	15	No	"	
20	"	24	15	"	"	
21	"	27	15	"	"	
22	"	33	16	"	"	Parte inferior se ve amarilla
23	"	25	15	Si	Color oscuro	Si
24	"	32	17	Si	Color oscuro	Si
						Flor es secas

Número de planta	Fecha de riego	Largo de la planta cm	Ancho de la planta cm	Presencia- ausencia de puntas secas	Cambios en la coloración de la planta	Observaciones
25	13, 18 y 22 de agosto 01, 08 y 09-24	31	19	No		
26	"	33	16	"	"	
27	"	33	16	"	"	
1	27-08-247	54	15	Si		
2	"	42	18	No	Si;	Poco amarilla parte inferior
3	"	41	16	No	Si;	"
4	"	40	18	Si;	No	"
5	"	46	20	No	No	Bien aparente
6	"	35	17	No	Si;	Poco seca parte inferior
7	"	36	16	No	No	Bien aparente
8	"	34	18	No	No	"
9	"	44	15	No.	Si;	Poco amarilla parte inferior
10	"	36	16	No	Si;	Poco amarilla Parte inferior lenticular
11	"	37	16	Si;	No	Flores secas
12	"	34	12	Si;	Si;	Se estropeó secando hojas
13	"	43	15	Si;	No	Flores secas
14	"	34	16	Si;	Si;	Se ve grana en la parte inferior y amarillenta
15	"	31	15	No	Si;	Poco amarillas las hojas
16	"	35	18	No	No	Bien aparente

Número de planta	Fecha de riego	Largo de la planta cm	Ancho de la planta cm	Presencia- ausencia de puntas secas	Cambios en la coloración de la planta	Observaciones
17	27-08-24; 01 y 05 Sep.	41	18.	Sí (flores)	Sí	Poco amarilla
18	"	39	17.	No	Sí	Poco amarilla parte inferior
19	N/A	31	15	No	Sí	Amarilla.
20	"	28	16	No	No	Buena apariencia
21	"	31	16	Sí	No	Flores secas
22	"	33	17	Sí	Sí	Empieza a secarse, las hojas se empiezan a enroscar
23	"	26	15	Sí	No	Flores secas
24	"	35	18	20	No	Buena apariencia
25	"	31	19	Sí	Sí	Amarilla parte superior, hojas empiezan a secarse
26	"	36	16	No	No	Buena apariencia
27	"	38	18	Sí	Sí	Amarilla comienza a secarse las hojas y flores
SEMANA 9						
1	10 y 11 de Septiembre	54	15	20	Sí	Poco amarilla parte inferior
2	"	42	18	20	No	Buena apariencia
3	"	41	16	20	Sí	Poco amarilla parte inferior
4	"	40	18	20	No	Buena apariencia
5	"	46	20	20	No	"
6	"	35	17	20	"	"
7	"	36	16	20	"	"
8	"	34	18	20	"	"

Número de planta	Fecha de riego	Largo de la planta (cm)	Ancho de la planta (cm)	Presencia- ausencia de puntas secas	Cambios en la coloración de la planta	Observaciones
9	10/14 y 19 de Septiembre	44	15	No		
10	"	36	16	"	"	Buena apariencia.
11	"	37	16	"	"	"
12	"	34	12	Si		Se ve algo seca
13	"	43	15	No		
14	"	34	16	"	"	
15	"	31	15	"	"	
16	"	35	18	"	"	
17	"	41	18	"	"	
18	"	34	17	"	"	
19	"	31	15	No		Buena apariencia
20	"	28	16	No	"	"
21	"	31	16	Si	No.	Flores secas, amargan a florero otras
22	"	34	17	Si	Si	Se ve seca, algo enferma.
23	"	26	15	Si	No	Flores secas
24	"	35	18	No		Buena apariencia
25	"	31	19	Si	Si	Se ve poco amarillo, flores algo secas
26	"	36	16	No	No	Buena apariencia
27.	"	38	18	Si	Si	Amanilla, comienza a secarse los bordes y flores

Semana 11

Número de planta	Fecha de riego	Largo de la planta cm	Ancho de la planta cm	Presencia- ausencia de puntas secas	Cambios en la coloración de la planta	Observaciones
1	24/29 Sept 03 & 04 de	54	17	No	No	Buena apariencia
2	"	43	19	No	No	Buena apariencia.
3	"	42	17	No	No	"
4	"	44	21	"	"	"
5	"	46	26	No	Si	Boco amarilla parte inferior (muy poco)
6	"	36	22	No	No	Buena apariencia
7	"	37	24	No	No	Buena apariencia
8	"	42	23	"	"	"
9	"	44	20	"	"	"
10	"	39	16	"	"	"
11	"	36	17	"	"	"
12	"	33	15	Si	Si	Se ve algo seca (hojas se encogen)
13	"	44	17	No	No	Buena apariencia
14	"	35	22	"	"	"
15	"	35	19	"	"	"
16	"	37	21	"	"	"
17	"	41	21	"	"	"
18	"	37	22	"	"	"
19	"	30	21	"	"	"
20	"	31	22	"	"	"

Número de planta	Fecha de riego	Largo de la planta cm	Ancho de la planta cm	Presencia- ausencia de puntas secas	Cambios en la coloración de la planta	Observaciones
21	29 de Sep 03 de Octubre	33	19	No	No	Buena apariencia
22	"	39	20	Si	No	Empiezan a florar, los ojos están secos
23	"	30	19	Si	No	Flores secas
24	"	38	20	No	No	Buena apariencia
25	"	33	24	Si	Si	Se ve un poco amarillo, hojas secas
26	"	39	18	No	No	Buena apariencia
27	"	40.	20	Si	Si	Se ve seco, hojas comienzan a encogerse y se pierden colas
SEMANA 13						
1	08/13 y 17 de Octubre	55	18	No	No	Buena apariencia
2	"	44	20	Si	Si	"
3	"	43	18	Si	Si	"
4	"	46	24	Si	Si	"
5	"	47	28	Si	Si	"
6	"	37	23	Si	Si	"
7	"	37	27	Si	Si	"
8	"	46	24	Si	Si	"
9	"	45	21	Si	Si	"
10	"	34	16	Si	Si	"
11	"	36	18	Si	Si	Se ve algo seco, pero poca
12	"	35	17	Si	Si	"

Número de planta	Fecha de riego	Largo de la planta	Ancho de la planta	Presencia- ausencia de puntas secas	Cambios en la coloración de la planta	Observaciones
13	08-13 y 17 de octubre	44	18	No	No	Buena apariencia
14	"	35	24	"	"	"
15	"	38	20	"	"	"
16	"	38	21	No	Sí	Se ve un poco amarillo
17	"	42	22	No	No	Buena apariencia
18	"	40	23	"	"	"
19	"	31	23	Sí	No	Floros secos
20	"	33	24	No	No	Buena apariencia
21	"	35	21	"	"	"
22	"	40	21	No	Sí	Se ve un poco amarillo
23	"	32	21	No	No	Buena apariencia
24	"	40	22	"	"	"
25	"	33	25	Sí	Sí	Se ve un poco amarillo, floros secos
26	"	40	19	No	No	Buena apariencia
27.	"	40	21	Sí	Sí	Se ve seco, flores comienzan a secarse y hojas a ennegrecer,
Somara 15						

19.3 Manuales

Costo de implementación del Sistema de Transferencia de Tecnología

Producto	Presentación	Cantidad usada	Costo (MXN)	Costo unitario	Costo para la construcción	Costo por proyecto
Acrílato de potasio marca "Lluvia Sólida"	Bolsa con 5 kg	1 kg	\$750.00	\$150.00	\$150.00	\$150.00
Alberca de fibra de vidrio (2.60m x 1.60m x 0.50m)	pza	1	\$5,000.00	\$5,000.00	\$5,000.00	
Grava	Cubetas	16	\$18.00	\$18.00	\$288.00	
Arena	Cubetas	16	\$18.00	\$18.00	\$288.00	
Tezontle	Cubetas	20	\$20.00	\$20.00	\$400.00	
Arenilla	Cubetas	20	\$18.00	\$18.00	\$360.00	
Tubo de PVC de 3/4 pulgada	3 m	3 m	\$68.00	\$23.00	\$68.00	
Botella de PET de 10 L	pza	1	\$ -	\$ -	\$ -	
Silicon a prueba de agua	Tubo de 300 mL	1	\$63.00	\$63.00	\$63.00	
Codos de PVC de 1/2 pulgada	pza	2	\$5.20	\$10.40	\$10.40	
Válvulas de PVC de 3/4 pulgadas	pza	2	\$45.00	\$90.00	\$90.00	
Cubeta de 10 L con su tapa (reutilizada)	20 L	1	\$ -	\$ -	\$ -	
Tubo de PVC de 1/2 pulgada	3 m	2.40 m	\$38.00	\$12.67	\$30.41	
Tubo de PVC de 4 pulgadas (3 metros)	3 m	45 cm	\$190.00	\$64.00	\$28.80	
Blocks	pza	18	\$20.00	\$20.00	\$360.00	
typha latifolia (tule)	Matas	9	\$270.00	\$30.00	\$270.00	
Equisetum hyemale (cola de caballo)	Matas	9	\$540.00	\$60.00	\$540.00	
"T" de 3/4 pulgadas	Tubo	1	\$7.20	\$7.00	\$7.00	
Espuma de poliuretano	Tubo con 500 mL	100 mL	\$130.00	\$26.00	\$26.00	
Algodón industrial	Kg	500 gr	\$140.00	\$70.00	\$70.00	
Colador	pza	1	\$20.00	\$20.00	\$20.00	
codo de PVC de 3/4 pulgadas	pza	1	\$6.00	\$6.00	\$6.00	
Trozo de plástico plano rígido	pza	1	\$ -	\$ -	\$ -	
Pegamento epóxico a prueba de agua	pza	1	\$25.00	\$25.00	\$25.00	
Reducción de brida para tinaco	pza	2	\$32.00	\$32.00	\$64.00	
Brida para tinado	pza	1	\$46.00	\$46.00	\$46.00	

Botellas de PET de 3 litros	pza	60	\$ -	\$ -	\$ -	
Tapas de botellas de PET de 3 litros	pza	9	\$ -	\$ -	\$ -	
Botellas de 10 litros de PET	pza	2	\$ -	\$ -	\$ -	
Carrete de yute o cuerda	pza	2	\$50.00	\$25.00	\$50.00	
Cinta teflón	pza	3	\$13.00	\$13.00	\$39.00	
Cinta de aislar	pza	1	\$13.00	\$13.00	\$13.00	
Malla de acero inoxidable o dos coladores	pza	2	\$50.00	\$25.00	\$50.00	
Pegamento de PVC	frasco con 120 ml	1	\$53.00	\$53.00	\$53.00	
Tubo de PVC de 3/4 pulgada	pza	80 cm	\$68.00	\$18.50	\$18.50	
Tubo de PVC de 4 pulgadas	3 m	1.80 m	\$190.00	\$114.00	\$114.00	
Lámina galvanizada de 1.10 m x 1.20 m	pza	1	\$650.00	\$650.00	\$650.00	
Tubos de acero inoxidable de 1.20 m	pza	2	\$ -	\$ -	\$ -	
Tubos de acero inoxidable de 1.10 m	pza	2	\$ -	\$ -	\$ -	
Tubos de acero inoxidable de 0.50 cm	pza	2	\$ -	\$ -	\$ -	
Codos de PVC de 3/4 pulgadas	pza	2	\$12.00	\$6.00	\$12.00	
Válvulas de PVC de 3/4 pulgadas	pza	2	\$45.00	\$90.00	\$90.00	
Válvula de PVC de 1/2 pulgadas	pza	1	\$46.00	\$46.00	\$46.00	
Tubo de PVC de 1/2 pulgada	3 m	1.80 m	\$38.00	\$12.67	\$22.81	
Codo de PVC de 4 pulgadas	pza	1	\$29.00	\$29.00	\$29.00	
Adaptadores hembra de PVC de 3/4 pulgadas	pza	10	\$52.00	\$5.20	\$52.00	
Conexión "T" de PVC de 3/4 pulgadas	pza	10	\$93.60	\$7.20	\$93.60	
	Frasco con 500 mL	1	\$35.00	\$35.00	\$35.00	
Thiner						
Espuma de poliuretano	Tubo con 500 mL	400 mL	\$130.00	\$104.00	\$104.00	
Algodón industrial	Kg	350 gr	\$140.00	\$49.00	\$49.00	
Grava	Cubeta	1/4 cubeta	\$18.00	\$18.00	\$4.50	
Arena	Cubeta	1/4 cubeta	\$18.00	\$18.00	\$4.50	
Manta de cielo	metro	1 m	\$10.49	\$10.49	\$10.49	
	Frasco con 250 gr	250 gr	\$40.00	\$40.00	\$40.00	
Carbón activado						
Silicon a prueba de agua	Tubo de 300 mL	1	\$63.00	\$63.00	\$63.00	
Blocks	pza	13	\$20.00	\$20.00	\$260.00	
Ramas de 2 m de alto	pza	2	\$ -	\$ -	\$ -	
			Total			\$10,114.01

Nota: Los costos pueden variar dependiendo la marca de los materiales, lugar donde se compren y materiales reutilizados que se ocupen. Estos costos, representan únicamente el presente proyecto.

Manual del ekomuro

UAH
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | **CBI**

**MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE
UN EKOMURO**

IBT Adriana Palomo
Martínez

Comité

Dra. Yamilé Rangel Martínez

Dr. Raúl Ortiz Pulido

Dr. Arturo Sánchez González

Dr. Pablo Octavio Aguilar



ÍNDICE

Presentación.....	3
Materiales.....	4
Herramientas.....	5
1. Unión de botellas.....	6
2. Base del ekomuro.....	8
3. Adaptación del terreno.....	10
4. Elaboración del filtro.....	14
5. Montaje del ekomuro.....	17
Forma de uso del ekomuro.....	20
Mantenimiento del ekomuro.....	22

PRESENTACIÓN

Debido a que actualmente la escasez de agua es un problema recurrente, Te planteamos construir un ekomuro, que es una ecotecnología de captación de agua pluvial que puedes construir con material a tu alcance y que no requiere de mucho espacio para llevarse a cabo. En el presente manual te explicamos paso a paso cómo realizarlo de forma práctica y sencilla para que no tengas problemas para construirlo. Esta es una guía que puede ser modificada con tu ingenio para usar el material a tu alcance que sirva para el mismo fin de construcción.

¿Por qué un ekomuro sobre otros métodos de almacenamiento?

- *Es más económico
- *Requiere menos espacio
- *Tú mismo lo puedes hacer ahorrando el costo de mano de obra
- *Utilizas material reciclado y ayudas al cuidado del medio ambiente
- *Adaptable al espacio disponible



pág. 3

¿Qué
necesitas para
construirlo?



MATERIALES

- 60 botellas de PET de 3 litros, para almacenar 180 L
- 9 tapas de botellas de PET
- 2 botellas de 10 litros de PET
- 1 carrete de yute o cuerda
- 1 cinta teflón
- 1 cinta de aislar
- 40 cm de malla de acero inoxidable o dos coladores de plástico
- 1 pegamento de PVC
- 80 cm de tubo de PVC de 3/4 pulgadas
- 1.80 m de tubo de PVC de 4 pulgadas
- 1 lámina galvanizada de 1.10 m por 1.20 m
- 2 tubos de acero inoxidable de 1.10 m
- 2 tubos de acero inoxidable de 1.20 m
- 2 tubos de acero inoxidable de 0.50 m
- 2 codos de PVC de 3/4 pulgadas
- 2 válvulas de PVC de 3/4 pulgadas
- 1 válvula de PVC de 1/2 pulgada
- 1.80 m de tubo de PVC de 1/2 pulgadas
- 1 codo de PVC de 4 pulgadas
- 10 adaptadores hembra de PVC de 3/4 pulgadas

pág. 4

MATERIALES

- 10 conexión "T" de PVC de 3/4 pulgadas
- 1 espuma de poliuretano, thiner y estopa
- 350 gr de algodón industrial
- 1/4 de cubeta de grava gruesa
- 1/4 de cubeta de arena fina
- 1 metro de manta de cielo
- 250 gr de carbón activado
- 1 sellador de silicon a prueba de agua y aplicador
- Cuerdas, seis metros o más de acuerdo con el espacio
- 2 ramas de árbol de 2 m de alto, tubos o palos como soporte
- 13 blocks



HERRAMIENTAS

- 1 serrucho, segueta o esmeril
- 1 taladro
- 1 cutter
- 1 tijeras
- 1 escalera
- Tornillos (los que necesites)

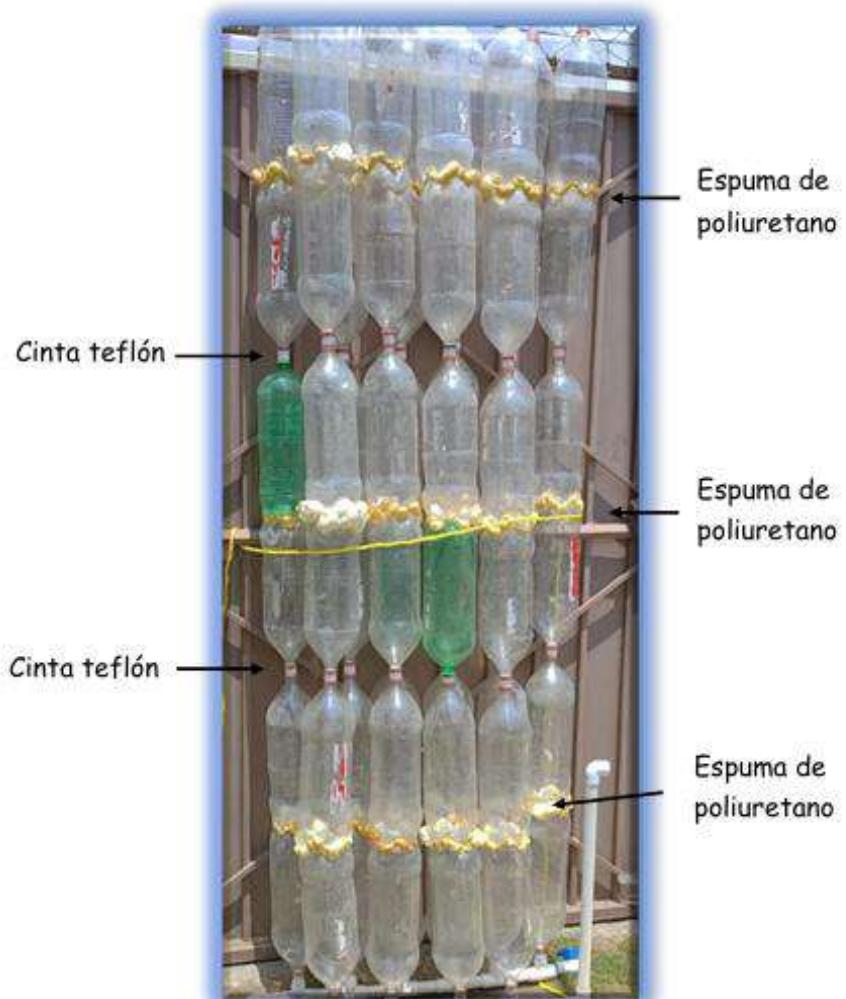
Nota: Los materiales se pueden sustituir por alternativas al alcance de cada persona, ya que al ser reutilizables en su mayoría, se pueden ocupar objetos comunes que cumplan el propósito de cada material.



Vamos a armarlo por partes, y una vez terminadas las unimos

pág. 5

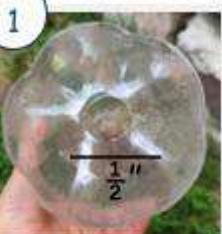
1. UNIÓN DE BOTELLAS



pág. 6



Antes de comenzar se deben lavar con agua y jabón, por dentro y por fuera todas las botellas de PET de 3 litros y dejar secar perfectamente.



1

Seleccionar 54 botellas y realizar una perforación circular de $\frac{1}{2}$ pulgada en la parte inferior.



4

Unir dos botellas introduciendo el niple envuelto por el orificio de $\frac{1}{2}$ pulgada.



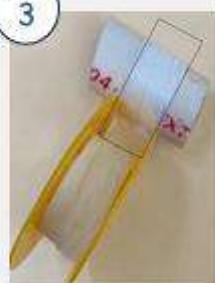
Tomar el tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada y cortar 50 segmentos de 3.5 cm de largo. A los segmentos de tubo de PVC que cortemos les llamaremos niples.



3.5 cm



Aplicar una capa gruesa de silicon a prueba de agua en la unión de las dos botellas con ayuda de un aplicador y esperar a que se seque .



Envolver los niples en el centro con cinta teflón hasta que entren a presión en el orificio de las botellas de PET y que al unir dos se queden fijas.



Cuando esté seco, aplicar una capa ligera de espuma de poliuretano sobre el silicon seco, cuando seque la espuma se expande, por lo que no se debe aplicar una gran cantidad.



Repetir los pasos del 4 al 6 para hacer las uniones de botellas hasta formar 30 pares.



PRECAUCIÓN: Esperar a que la espuma se vuelva amarilla y dura, significa que está seca.

7

El niple está dentro de los cuellos de las botellas

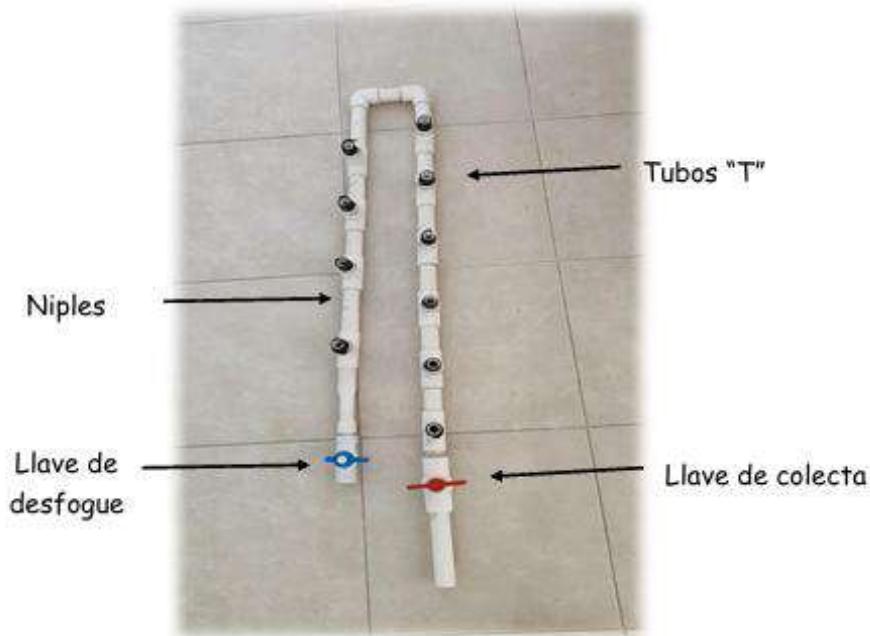


Tomar dos pares de botellas ya unidas por la parte inferior y unir por el cuello con niples envueltos con cinta teflón, después se envuelven los cuellos de botellas con cinta teflón hasta que estén firmes.



Vamos con la segunda parte. ¡Vas muy bien!

2. BASE DEL EKOMURO



pág. 8

8

Cortar nueve niples de tubo de PVC de $\frac{3}{8}$ pulgadas de 6 cm de largo.



11

Realizar otra tira con los cuatro conectores "T" de PVC, al codo se pega un niple de 11 cm, posteriormente se pegan dos conexiones "T" unidos a niples de 6 cm y para finalizar se pega una válvula y un niple de 9 cm. Después envuelve las puntas de los adaptadores hembra con cinta de aislar hasta que entre el cuello de las botellas a presión.

9

Tomar un tubo "T" de PVC e introducir en el orificio vertical un adaptador hembra de PVC de $\frac{3}{8}$ pulgadas. Aplicar pegamento de PVC para fijar ambas piezas. Una vez esté seco el pegamento, introducir un niple en un orificio lateral. Hacer una tira de seis niples con seis conexiones "T".



Vamos con la tercera parte. ¡Mas por menos!

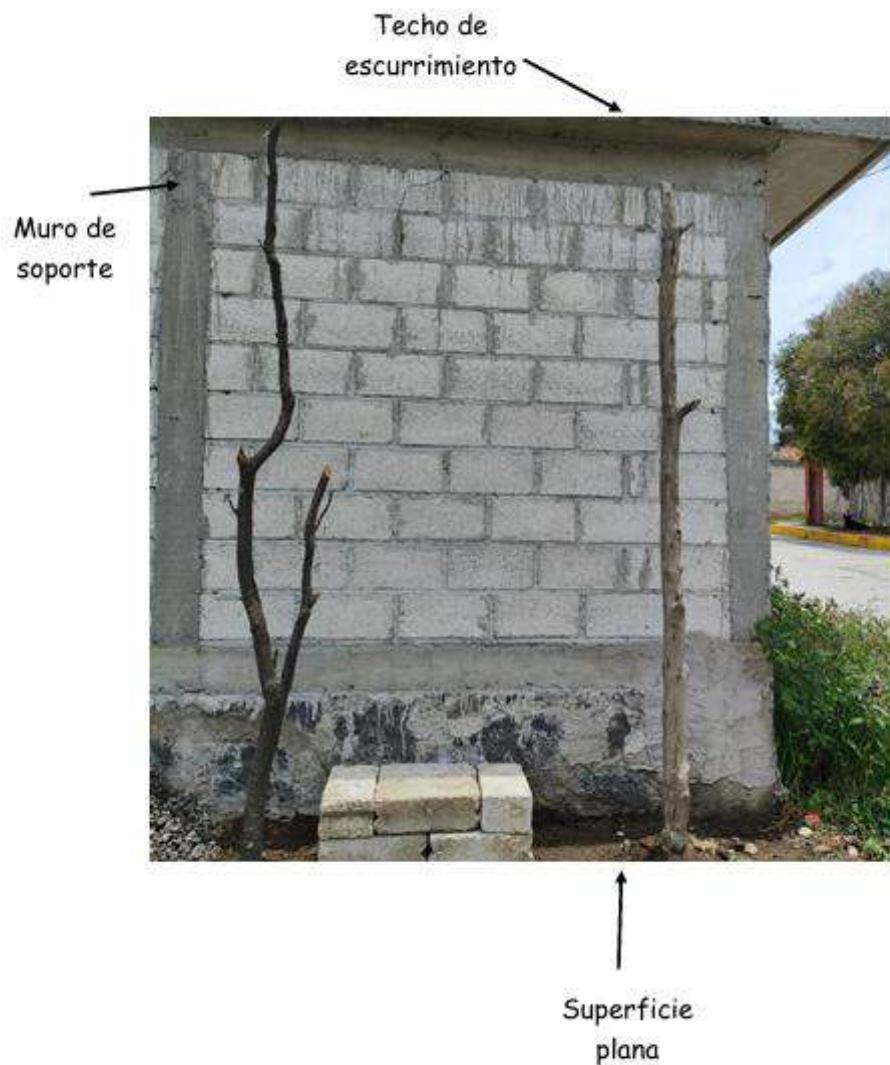
10

Cuando esté terminada la tira, se pega un codo de $\frac{1}{4}$ pulgadas, un niple de 6 cm y otro codo de $\frac{1}{4}$ de pulgada para realizar una curva.



pág. 9

3. ADAPTACIÓN DEL TERRENO



pág. 10



Nivelar la superficie donde será instalado el ekomuro, debe ser junto a una pared para que le sirva de soporte a las botellas y con un techo para el área de escurrimiento.

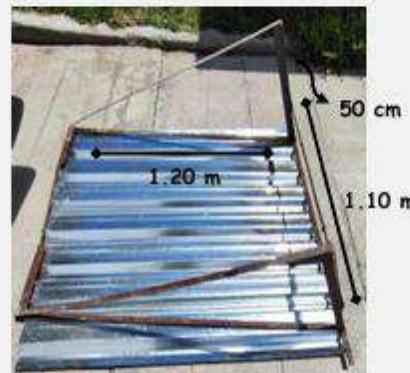
12

Apilar 8 blocks haciendo una base pegada a la pared donde se va a colocar el ekomuro (aproximadamente 50 cm de alto) A una distancia de 20 cm del lado derecho enterrar una rama con una profundidad de 50 cm y del lado derecho enterrar otra rama con una distancia y profundidad de 50 cm.



13

Se arma una base rectangular de 1.10 m x 1.20 m. En los extremos del lado que mide 1.10 m se colocan dos tubos de 50 cm de alto y después se colocan dos tubos que conecten desde los tubos de 50 cm de alto con el otro extremo de la base que mide 1.10 cm. Se formará una pendiente de 45° aproximadamente. Una vez armada la base se atornilla la lámina galvanizada en cada extremo en cada extremo fijándola con tornillos o alambre.



14

La base con la lámina se instalan en el techo y se sujetan con blocks.



pág. 11

En el techo, en la parte superior donde se colocó la base de blocks se instalará la base de escurrimiento, en este caso se adaptó un tambor o base de cama de metal pero puedes usar el material que esté a tu alcance. Para esta parte usarás la escalera por lo que te recomendamos tener cuidado cuando subas al techo a instalar la base de escurrimiento. Te recomendamos usar guantes al manipular el material para evitar accidentes.

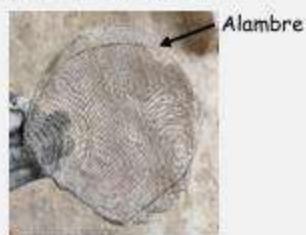
15

Corta un segmento de tubo de PVC de 4 pulgadas de 1.20 m, en un extremo se marcan dos puntos con 10 cm de separación y se corta el tubo siguiendo esos puntos a modo de que quede una canaleta, se deja sin cortar los últimos 15 cm del tubo. Usaremos la parte más gruesa.



16

A un trozo de malla de acero inoxidable de 15 cm x 15 cm se le introduce un alambre en forma circular



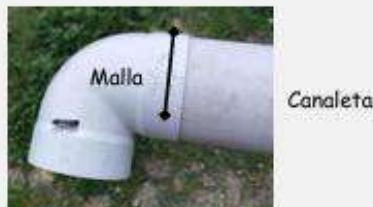
17

Introducir la malla en un extremo de un codo de 4 pulgadas y se fija con silicona a prueba de agua



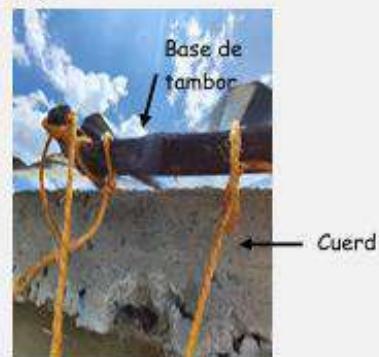
18

Cuando se haya secado el silicon, se pega el codo con el extremo que no se cortó por la mitad de la canaleta, dejando la malla en la salida de la canaleta, servirá como filtro para detener hojas y basura acumulada.



19

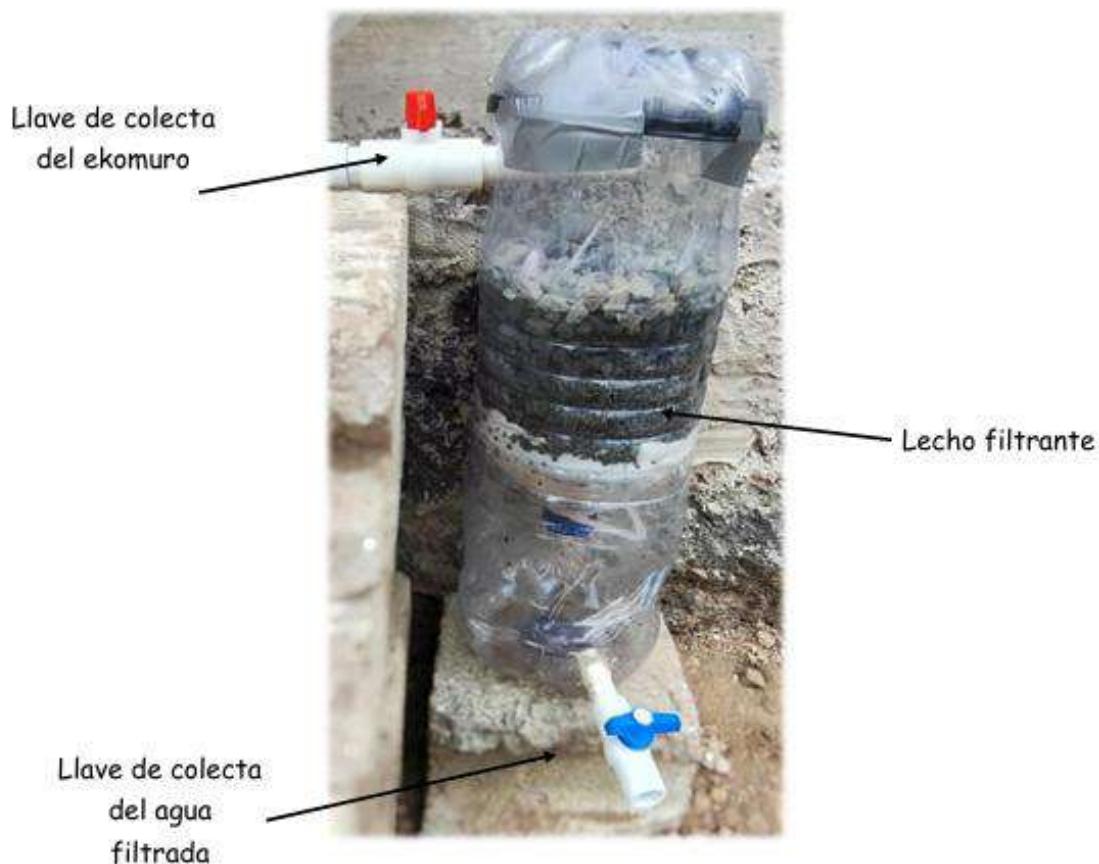
A la base de metal que sostiene la lámina se le amarrá una cuerda para sujetar la canaleta, dejando una ligera inclinación hacia la derecha para que escurra el agua



Aquí termina esta parte ¡Estás a muy poco de terminar tu ekomuro!

pág. 13

4. ELABORACIÓN DEL FILTRO



➤ Lavar por separado con agua y jabón la arena y la grava, enjuagar hasta que el agua salga completamente limpia

pág. 14

20

Remojar la arena y la grava por separado en una cubeta de 20 L añadiendo 10 L de agua y 4 tapitas de cloro por lo menos 20 minutos. Enjuagar y dejar secar.



Agua y cloro

21

Cortar un niple de 6 cm de tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada, enrollar con cinta teflón ambos extremos. En el extremo derecho introducir una válvula de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada y fijar con pegamento de PVC.



24

A la otra botella de 10 L se le recorta la parte inferior y se rodea con cinta de aislar ambos extremos cortados. Se miden 3.5 cm del corte hacia abajo y se realiza un orificio de $\frac{1}{2}$ pulgada



22

Lavar y dejar secar dos botellas de plástico de 10 L. A una botella se le corta el cuello y se realiza un orificio de $\frac{1}{2}$ pulgada a modo que entre a presión el niple con válvula previamente armado.

Cuello de la botella
Orificio donde se introduce el niple.

23

Colocar silicon a prueba de agua alrededor de la unión del niple y la botella por la parte interna y externa para evitar fugas de agua.



25

De igual forma, a la tapa de la botella se le realiza un orificio de $\frac{1}{2}$ pulgada, se corta un niple de 3 cm de largo y se introduce en el orificio de la tapa fijándolo con silicon.



Niple de 3 cm

Silicón

26

Colocar la botella boca abajo e introducir una capa de algodón industrial de 10 cm de alto compactando perfectamente hasta cubrir todo el cuello de la botella.



10 cm

27

Colocar manta de cielo extendida a modo que cubra toda la superficie del algodón dejando un sobrante de 20 cm de alto aproximadamente. Se coloca el carbón activado sobre la manta de cielo esparciéndolo uniformemente y se cubre con el sobrante de la manta de cielo.



28

Introducir la arena previamente lavada y seca esparciendo uniformemente, después se introduce la grava de igual forma bien esparcida y previamente lavada y seca. Cerrar la tapa y fijar con cinta de aislante.



Cuando se requiera abrir el filtro para mantenimiento, basta despegar la cinta de aislante y para cerrar se coloca cinta nueva.

pág. 16



¡Llegamos a la última parte!, estás a punto de terminar tu ekomuro

5. Montaje del ekomuro



pág. 17

29

Cortar un tramo de 65 cm de tubo de PVC de 4 pulgadas. Elige una tira de botellas previamente unidas en la sección "unión de botellas", vas a cortar por la mitad la botella que esté en un extremo y se introduce el tramo de PVC de 4 pulgadas recién cortado, éste a su vez se va a unir con el codo de la cañería previamente instalada en la sección "adaptación del terreno". Fijar con pegamento de PVC.



30

Colocar la base de tubos de PVC armada en la sección "Base del ekomuro" en los blocks apilados en la sección "Adaptación del terreno".



31

En cada orificio de los tubos "T" de PVC colocar una tira de botellas unidas en la sección "Unión de botellas", la tira con la botella cortada por la mitad y el tubo de 65 cm de PVC de 4 pulgadas se coloca en la esquina izquierda para que se pueda conectar con la cañería.

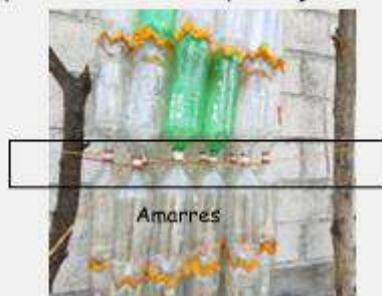


La cuerda se usa para sujetar las botellas a modo de que queden firmes, por lo que la cantidad a utilizar dependerá de la estructura armada.

pág. 18

32

Cuando estén colocadas todas las tiras de botellas en la base, amarrarlas entre ellas y con los palos a los costados previamente colocados en la sección "adaptación del terreno" para fijarlas.



33

En el extremo derecho de la base se coloca el filtro previamente armado en la sección "Elaboración del filtro" colocando la botella con la llave inferior como base de la botella con el filtro y emparejando el orificio previamente realizado con el tubo de la base saliente. Puedes colocar algo en para ayudar a que quede a la altura, en este caso se colocó un block



Felicidades! Haz terminado



PRECAUCIÓN! Recuerda que esta agua **NO ES POTABLE!!!**

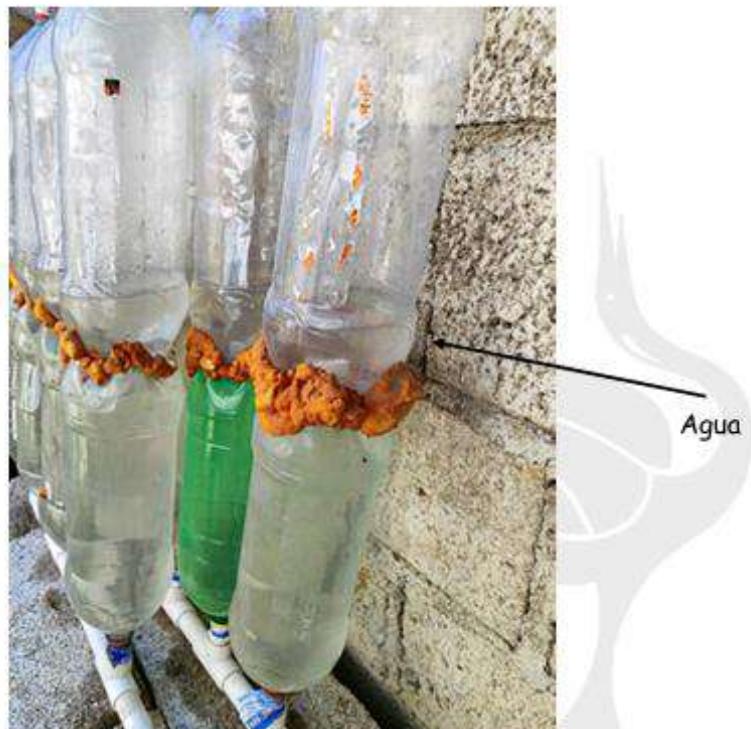
Te servirá para riego o limpieza, se requieren otros pasos adicionales para hacerla potable.



Esta estructura fue una adaptación, por lo que si requieres más información puedes consultar la siguiente liga
<https://www.ekogroup2o.com/ekomuro-h2o>

pág. 19

FORMA DE USO DEL EKOMURO



pág. 20





MANTENIMIENTO DEL EKOMURO



pág. 22

MATERIALES

- Espuma de poliuretano
- Cinta de aislar
- Guantes de tela para jardinería
- Jabón
- Bandeja grande
- Colador para arena (Zaranda)
- Escalera

NOTA: Los materiales que se requieren pueden variar dependiendo de la disponibilidad y el procedimiento que se presenta a continuación



Con el paso del tiempo se deterioran los materiales con los que fue construido el ekomuro, por lo que te sugerimos cambiar las botellas mínimo cada dos años, y si presenta alguna fuga o algún detalle, arreglarlo a la brevedad para evitar que deteriore.

1



Quitar basura

Cada cuatro meses o cuando se requiera, limpiar el filtro que conecta con la canaleta y la canaleta, para evitar acumulación de basura, hojas entre otras

2



Reforzar uniones

Cada tres meses o cuando se requiera, reforzar el sellado de la base y las botellas con cinta teflón, cinta de aislar, cinta adherente plástica o similar para evitar fugas de agua

3

Cada seis meses lavar las capas del filtro con agua y jabón. Se deposita la arena en una cubeta y se lava con agua y jabón, posteriormente con ayuda de la zaranda se enjuaga hasta que el agua salga limpia. El carbón activado se recomienda cambiar por completo cada tres años.





**MANUAL DE ELABORACIÓN
DE HUMEDAL ARTIFICIAL**



IBT Adriana Palomo
Martínez
Comité
Dra. Yamilé Rangel Martínez
Dr. Raúl Ortiz Pulido
Dr. Arturo Sánchez González
Dr. Pablo Octavio Aguilar



ÍNDICE

Presentación.....	3
Materiales.....	4
Herramientas.....	5
1. Preparación de la alberca.....	6
2. Trampa de grasa.....	11
3. Forma de uso de humedal artificial.....	15
4. Mantenimiento de humedal artificial.....	17



PRESENTACIÓN

Debido a que actualmente la escasez de agua es un problema recurrente, se plantea este humedal artificial, que es un método de tratamiento de aguas grises que puedes construir con material a tu alcance en tu hogar y que no requiere de mucho espacio para llevarse a cabo. En el presente manual te explicamos paso a paso cómo realizarlo de forma práctica y sencilla para que no tengas problemas para construirlo. Esta guía puede ser modificada con tu ingenio para usar el material a tu alcance que sirva para el mismo fin de construcción.

¿Por qué construir un humedal artificial en tu hogar?

*En tiempos de escasez de agua, dispondrás de este recurso para usos como regar plantas, lavar el coche, entre otros. Mediante la reutilización del agua gris que generes

*Requiere poco espacio

*Tú mismo lo puedes hacer ahorrando el costo de mano de obra

*Ayudas al cuidado del medio ambiente



pág. 3

¿Qué
necesitas para
construirlo?



MATERIALES

- 1 alberca de fibra de vidrio de 2.60 m x 1.60 m x 0.50 m
- 16 cubetas de grava
- 16 cubetas de arena
- 16 cubetas de tezontle
- 20 cubetas de arenilla
- 3 m de tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas
- 1 botella de PET de 10 L
- Silicón a prueba de agua
- 2 codos de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada
- 2 válvulas de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas
- 1 cubeta de 10 L con su tapa
- 2.40 m de tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada
- 45 cm de tubo de PVC de 4 pulgadas
- 18 blocks
- 3 matas de *Typha latifolia* (tule)
- 3 matas de *Equisetum hyemale* (cola de caballo)
- 1 tubo "T" de $\frac{3}{4}$ pulgadas de PVC
- Espuma de poliuretano
- 500 g de algodón industrial
- Malla de acero inoxidable o colador de plástico
- 1 codo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas

pág. 4

¿Qué necesitas para construirlo?



MATERIALES

- 1 trozo de plástico plano
- Pegamento epóxico a prueba de agua
- 6 botellas de PET de 3 L
- 1 brida de PVC para tinaco de 2-1/2 pulgadas
- 1 reducción de brida para tinaco de PVC
- 1 reducción de PVC de 2 pulgadas a 3/4

HERRAMIENTAS

- Taladro con broca para fibra de vidrio

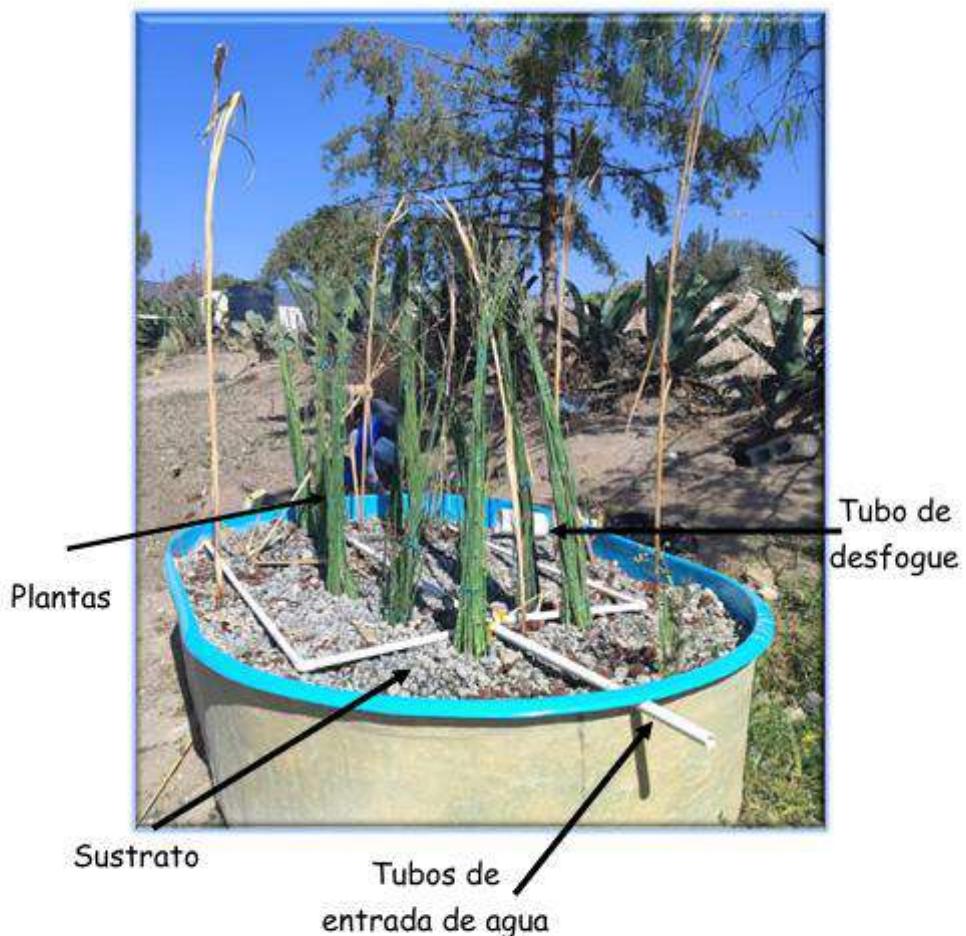
Nota: Los materiales se pueden sustituir por alternativas al alcance de cada persona, se pueden ocupar objetos comunes que cumplan el propósito de cada material.

pág. 5



Vamos a armarlo por partes, y una vez terminadas las unimos

1. PREPARACIÓN DE LA ALBERCA



pág. 6

Antes de comenzar debes acondicionar el terreno donde colocarás la alberca. Debe tener una ligera inclinación para que el agua salga por gravedad. Puedes colocar un poco de tierra en un lado para generar la inclinación.

1



Realizar un orificio de 4 pulgadas en una esquina, lo más cerca posible a la parte superior de la alberca. Este orificio servirá como desfogue.

2

En un lado corto de la alberca, realizar un orificio en la parte inferior de 2 pulgadas a 5 cm sobre el suelo. En este orificio se colectará el agua tratada.



3

Del lado contrario, se realiza otro orificio de $\frac{1}{4}$ pulgadas midiendo de la parte superior de la alberca hacia abajo 10 cm. Este orificio es donde se colocará la tubería para que se introduzca el agua a tratar. Después, distribuir 6 botellas de PET con 15 cm de separación a lo largo y 30 cm a lo ancho



4

Recorta la parte inferior y superior de dos botellas de 10 L. Del lado donde está el orificio de colecta, colócalas empalmadas para que sirvan como cobertura del orificio y cuando se vierta el material filtrante no se obstruya.



pag. 7

- 5** Vaciar en la alberca las cubetas de arenilla, arena, tezontle y grava (en ese orden) esparciéndolas perfectamente antes de agregar la siguiente capa.



1º Arenilla



2º Arena

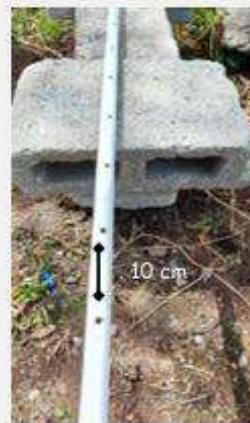


3º Tezontle



4º Grava

- 6** Cortar dos tramos de 1 m y dos tramos de 50 cm de tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada. A cada segmento se le realiza una línea de pequeñas perforaciones distribuidas equitativamente cada 10 cm sobre el mismo lado.

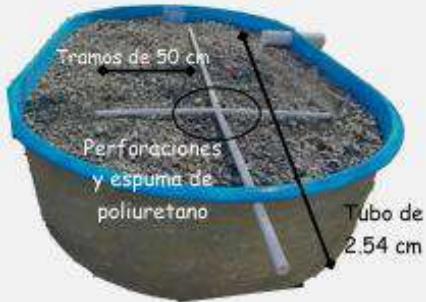


- 7** Cortar un tramo de 2.54 m de tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgadas, medir 1.2 m y realizar dos perforaciones de $\frac{1}{2}$ pulgadas en cada extremo del tubo donde se conectarán los tubos previamente perforados. A partir de esas perforaciones, medir 10 cm de forma lineal y repetir las perforaciones pequeñas cada 10 cm.



Las botellas son donde se sembrarán las plantas, mínimo 20 días después llenada la alberca.

8 Introducir el tramo de 2.54 m (cortado en el paso 7) en el orificio de $\frac{3}{4}$ de pulgada (hecho en el paso 3) y colocar sobre la grava las perforaciones lineales boca arriba. Introducir los tramos de 50 cm en las perforaciones de $\frac{1}{2}$ pulgada realizadas en el paso 7 con las perforaciones pequeñas boca arriba y fijar con espuma de poliuretano.



10 En el extremo de tubo que queda fuera de la alberca, colocar una válvula de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas y fijar con silicona a prueba de agua, ésta llave se unirá con la trampa de grasa elaborada más adelante.



9 Conectar en cada extremo un codo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada y unir en cada extremo los tubos de PVC de 1 m (cortado en el paso 6) con las perforaciones hacia arriba, de igual manera fijar con espuma de poliuretano.



11 Cortar un tramo de 45 cm de tubo de PVC de 4 pulgadas. En un extremo se introduce un colador y se fija con silicona a prueba de agua y por el otro extremo se llena con algodón industrial.



Extremos del tubo

12 Introducir el tubo (paso 11) en el orificio de desfogue previamente realizado a la alberca colocando el colador hacia la parte externa y el algodón hacia la parte interna de la alberca. Fijar el tubo con espuma de poliuretano en la parte externa de la alberca.

Algodón industrial



Colador

13 Colocar la brida de PVC en el orificio de colecta (paso 2) y sellar con silicon a prueba de agua por la parte externa.



Silicon a prueba de agua

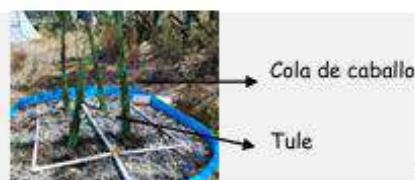


15 Pasadas las 3 semanas, sacar las botellas de PET y plantar cola de caballo en donde estaban las botellas, una en cada esquina y tule en el centro.

14 Una vez que se seque el silicon, introducir la reducción de brida para tinado y posteriormente la reducción de PVC de 2 pulgadas a $\frac{3}{4}$, por ultimo colocar una llave de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgadas. Si gustas puedes introducir un adaptador de manguera con una medida que se adapte a tus necesidades.



Durante tres semanas posteriores a su elaboración, vierte agua en la alberca para enjuagar y humedecer el material filtrante (grava, arena y tezontle). No olvides dejar la llave de colecta (paso 14) abierta para que el agua fluya.



10

!

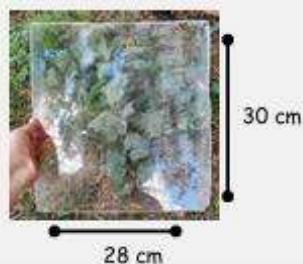
Vamos por la segunda parte, te falta muy poco!

2. TRAMPA DE GRASA



pág. 11

16 Cortar un trozo de plástico plano de forma rectangular de 30 cm de largo por 28 cm de ancho, rígido.



17 Colocar justo a la mitad de una cubeta de 10 L dejando 5 cm de la parte inferior y superior libres y fijar con pegamento epóxico a prueba de agua.



18 En un lado de la cubeta, realizar una perforación midiendo 14 cm de arriba abajo, ésta servirá como la salida del agua y del otro lado, realizar otra perforación midiendo 5 cm de arriba hacia abajo, éste servirá para la entrada del agua a tratar.



19 Cortar un tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas de 13 cm, rodear un extremo con cinta teflón e introducirlo en un extremo del tubo "T" de PVC de $\frac{3}{4}$ de pulgadas. Cortar un tramo de 7 cm de tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas, rodear un extremo con cinta teflón e introducirlo en el lado contrario en el tubo "T" de PVC. Cortar un tramo de 8 cm de tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas, rodear un extremo con cinta teflón e introducirlo en el orificio sobrante en el tubo "T" de PVC. Fijar todo con pegamento de PVC.



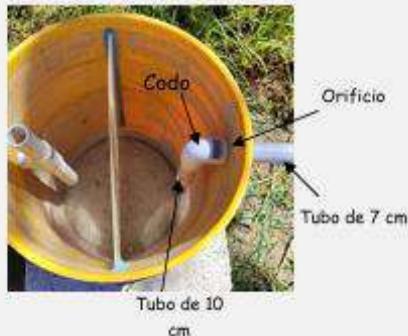
20 Introducir el segmento de 8 cm en el orificio más bajo en la cubeta (realizado en el paso 18), colocando el segmento más largo de PVC hacia abajo y pegar completamente el tubo "T" de PVC a la cubeta.



pág. 12

21

Cortar un segmento de tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas de 10 cm y colócalo en el lado inferior de un codo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas. Corta otro segmento de tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ pulgadas de 7 cm. Introduce el codo con el tubo de 10 cm en la cubeta y colócalo a la altura del orificio superior (realizado en el paso 18) e introduce el segmento de 7 cm en el orificio por la parte de afuera para que a su vez entre en el codo. El codo debe quedar perfectamente pegado en la cubeta.



¡Ya solo es armarlo, estás a muy cerca de terminar!

23

Apilar 15 blocks que servirán como base para la trampa de grasa a una distancia de 40 cm de la alberca. Realizar un desnivel elevando la orilla contraria con un block más volteado verticalmente.



22

Cortar el cuello de una botella de 10 L. a modo que quede como una cubeta y realizar una perforación de $\frac{3}{4}$ pulgadas a 3 cm de la base de abajo hacia arriba. Este orificio conectará con la trampa de grasa.



Para este paso, puedes apilar la cantidad de blocks que tú necesites y de la forma que mejor se adapte a tu terreno. El objetivo de los blocks es sostener la trampa de grasa a una altura adecuada para que se quede a la medida de la entrada de la alberca.

pág. 13

24

Colocar en la base la trampa de grasa con el codo hacia el lado contrario de la alberca y la "T" de PVC en dirección hacia ella. Junto a la trampa de grasa colocar la botella previamente cortada con la perforación en dirección a la cubeta.



25

Conectar la botella de plástico con el tubo que conecta al codo en la cubeta. Del lado contrario conectar el tubo de PVC que sale de la "T" de PVC con la válvula previamente pegada con el tubo que conecta con la alberca. Fijar con pegamento de PVC.



¡Felicidades! Haz terminado



**¡PRECAUCIÓN! Recuerda que esta agua
¡¡NO ES POTABLE!!!**

**Te servirá para riego o limpieza y se
requieren otros pasos adicionales para
hacerla potable.**



FORMA DE USO DE HUMEDAL ARTIFICIAL



pág. 15

1

Llenar la trama de grasa con agua limpia hasta que el nivel supere aproximadamente 2 cm la placa de plástico.



Agua fluye por debajo de la placa de plástico.

Para usarla: abrir la válvula pegada a la trampa de grasa. El agua a tratar se vierte en la botella de plástico y por gravedad se pasará a la trampa de grasa, donde se separarán las grasas del agua cuando el nivel del agua alcance el nivel del orificio de salida, fluirá por los tubos de PVC vertiéndose sobre el lecho filtrante de la alberca. Cuando ya no se vaya a verter agua, cerrar la válvula y la cubeta de la trampa de grasa

2

Para sacar el agua tratada, después de 5 días de dejarla en el lecho filtrante abrir la válvula de colecta, el agua saldrá por gravedad, si se prefiere se puede conectar una manguera.

Abrir y cerrar



Agua



MANTENIMIENTO DE HUMEDAL ARTIFICIAL



pág. 17

MATERIALES

- Tijeras de jardinería
- Limpiapipas
- Guantes de tela para jardinería
- Colador para arena (Zaranda)
- Pala
- Azadón
- Cubetas
- Escobillón



NOTA: Los materiales que se requieren pueden variar dependiendo de la disponibilidad y el procedimiento que se presenta a continuación

PODAS

Con el paso del tiempo la vegetación va a crecer y probablemente algunas plantas se sequen, por lo que es importante retirar estas plantas secas. También la vegetación va a extenderse hasta abarcar un 80% de la alberca. Una vez que pase eso es el momento de quitar el exceso de vegetación, siempre se debe mantener el humedal a un 80% de su capacidad como máximo.

1

Para realizar podas a la cola de caballo, se deben cortar las hojas secas y cortar 1 cm de la planta aproximadamente, además de retirar totalmente las hojas secas.

Para el caso del Tule, cortar y retirar las hojas completamente secas pero no arrancar porque volverán a hacer nuevas plantas, de igual forma retirar todas las hojas secas del humedal.



Corte de hojas secas

pág. 18

LIMPIEZA DE TUBERÍA



Con el paso del tiempo la tubería puede obstruirse con tierra, insectos, vegetación y otros factores, por lo que cada que se obstruya o cada seis meses te recomiendo hacer una limpieza para asegurar el perfecto funcionamiento.

1

Introducir a la tubería un escobillón con agua y jabón biodegradable, tallar para sacar la suciedad y enjuagar. En casos específicos de taponamiento a los orificios de puede introducir un limpiapipas para quitar la obstrucción.



LAVADO DE PRIMERA CAPA DE ARENA



Cada tres años o en caso de deficiencia de remoción de contaminantes, se puede lavar la primera capa de grava.

1

Vaciar la primera capa de grava en cubetas con agua y jabón y lavar, posteriormente con ayuda de una zaranda enjuagar la grava tres veces o hasta que el agua salga transparente y regresar la capa al humedal distribuyendo homogéneamente.

Enjuagar



pág. 19

LIMPIEZA DE TRAMPA DE GRASA



Te recomiendo hacer limpieza a la trampa de grasa mínimo una vez al mes, o cada que lo requiera, pero es importante mantenerla limpia porque disminuye la probabilidad de taponamiento en las tuberías del humedal y en el lecho de grava.



1 Vaciar la trampa de grasa. Recolectar los sólidos acumulados en el fondo y depositarlos en la basura. La grasa recolectada se debe colocar en un contenedor de vidrio y se puede revender a empresas dedicadas a la elaboración de jabones o en su defecto colocar en bolsas impermeables resistentes para desecharla. Una vez vacía la cubeta, lavar con agua y jabón biodegradable y repetir el paso 1 de la sección "Forma de uso de humedal artificial."



Grasa recolectada
para desechar



Lavado de la cubeta

Resiembra

En caso de que se sequen y/o enfermen las plantas, se debe hacer una resiembra de los ejemplares, sustituyendo las matas secas por nuevas.



Retiro de ejemplar seco



Colocación de ejemplar nuevo

19.4 Formatos de apoyo y/o para imprimir

Bitácora de limpieza y mantenimiento “SCALL+PET”	
Fecha	No. de reporte
Datos del encargado	
Nombre	Teléfono
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	
Observaciones	
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	
Firma de quien lo realizó	

Bitácora de limpieza y mantenimiento “Humedal artificial”	
Fecha	No. de reporte
Datos del encargado	
Nombre	Teléfono
Datos de la actividad	
Descripción de la actividad	
Observaciones	
Fecha recomendada para el próximo mantenimiento y/o limpieza	
Firma de quien lo realizó	

Señalamientos para humedal artificial y SCALL+PET

 <p>AGUA NO POTABLE (Obtenida de NOM-026-STPS-2008).</p>	 <p>PROHIBIDO EL PASO (Obtenida de NOM-026-STPS-2008).</p>
 <p>AGUA POTABLE (Obtenida de Grupo ITSI)</p>	