







Prototipo de un sistema agroecológico y ecotecnias para comunidades rurales del Valle del Mezquital, Hidalgo. Prototype of an Agroecological System and Eco-techniques for Rural Communities in Valle del Mezquital, Hidalgo.

R. Rodríguez-Amador ^{a,*}, J. L. Rodríguez-Ruíz ^b, C. Contreras-López ^c, M. G. Ramírez-Gerardo ^a, E. S. Flores-Lozano ^b, Y. S. Beltrán-Martínez ^c

^a División de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Tecnológico Nacional de México. Campus del Occidente. 42700, Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, México.

^b División de Arquitectura, Tecnológico Nacional de México. Campus del Occidente. 42700, Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, México.

^c Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

El proyecto presenta el diseño y construcción de un prototipo de sistema agroecológico y ecotecnias autoconstruibles en el Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, adaptado a comunidades rurales semiáridas del Valle del Mezquital. Integra huertos, sistemas de captación y filtración de aguas pluviales y grises, humedales, baños secos, letrinas y fosas sépticas, empleando materiales vernáculos de bajo costo y mínimo impacto ambiental. La iniciativa busca optimizar recursos hídricos, mejorar la seguridad alimentaria y promover prácticas sustentables replicables en viviendas rurales. El sistema permitió cultivar hortalizas como cebolla, zanahoria y chile, evaluando su rendimiento y adaptabilidad. Además de beneficios productivos, fomenta cohesión social, ahorro económico y preservación de técnicas constructivas tradicionales. El prototipo demostró que estas ecotecnias pueden ser implementadas por los propios habitantes, ofreciendo soluciones viables para enfrentar escasez de agua, infraestructura limitada y retos alimentarios, contribuyendo a la autosuficiencia y sostenibilidad en contextos semiáridos.

Palabras Clave: Prototipo, agroecológico, ecotecnia, sustentabilidad, autoconstrucción.

Abstract

This project details the design and construction of a self-built agroecological and ecotechnology prototype at the Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, tailored for semi-arid rural communities in the Valle del Mezquital. It integrates gardens, rainwater and greywater harvesting and filtration systems, wetlands, dry toilets, latrines, and septic tanks, using low-cost, locally sourced materials with minimal environmental impact. The initiative aims to optimize water resources, enhance food security, and promote replicable sustainable practices in rural households. The system enabled cultivation of vegetables such as onion, carrot, and chili, assessing their yield and adaptability. Beyond productive benefits, it fosters social cohesion, economic savings, and preservation of traditional building techniques. The prototype demonstrated that these ecotechnologies can be implemented by local residents, offering viable solutions to address water scarcity, limited infrastructure, and food challenges, thus contributing to self-sufficiency and sustainability in semi-arid contexts.

Keywords: Prototype, agroecological, ecotechnology, sustainability, self-construction.

1. Introducción

El uso de sistemas agroecológicos y/o ecotecnias no es de ninguna manera reciente, ya que se han utilizado desde que el hombre comenzó a adaptar espacios para habitar, lo que sí es

reciente, es la construcción de estos sistemas para un mayor aprovechamiento de los recursos naturales con el menor impacto ambiental. Las ecotecnias se presentan como una alternativa viable y eficaz, son tecnologías ecológicas diseñadas para utilizar los recursos naturales de manera eficiente y sostenible, con el objetivo de minimizar el impacto

*Autor para la correspondencia: roosevelt.rodriguez@itsoeh.edu.mx

Correo electrónico: roosevelt.rodriguez@itsoeh.edu.mx (Roosevelt Rodríguez-Amador), jrodriguez@itsoeh.edu.mx (Jorge Luis Rodríguez-Ruíz), christopher_contreras@uaeh.edu.mx (Christopher Contreras-López), mgramirez@itsoeh.edu.mx (Marithza Guadalupe Ramírez-Gerardo), eflores@itsoeh.edu.mx (Eunise Sarai Flores-Lozano), yoans@uaeh.edu.mx (Yoan Saidt Beltrán-Martínez)

ambiental y mejorar la calidad de vida de las personas. Estas tecnologías han demostrado su eficacia en diversas partes del mundo, promoviendo la conservación del medio ambiente y proporcionando acceso a recursos esenciales como el agua y los alimentos, promoviendo la autosuficiencia y la sostenibilidad a largo plazo; sin embargo, en regiones semiáridas donde se acentúa la pobreza extrema, los servicios e infraestructura pública son carentes; se vuelve trascendental tener sistemas para el mayor aprovechamiento de los recursos naturales sin poner en riesgo el equilibrio del medio ambiente; y tampoco exponer los recursos económicos de las familias. En este sentido, los huertos son un tipo de ecotecnias que están teniendo un realce, particularmente en el Valle del Mezquital, Hidalgo, ya que las personas comienzan a identificar las ventajas de producir sus propios alimentos. En la mayoría de los casos, estos huertos funcionan bien, sin embargo, para que funcionen de manera eficaz, es pertinente dotarlos de sistemas de riego, tomando en consideración que en las regiones semiáridas, escasea el agua e incluso los habitantes pueden ser multados por utilizarla para riego; por esta razón, es importante irrigar estos sistemas por medio de aguas grises, jabonosas o pluviales tratadas, ya sea por medio de recuperación de agua pluvial, de un sistema de filtros y/o humedales. Todo esto para que haya una adecuada cosecha en los huertos; con base en esto, los huertos han demostrado ser una solución efectiva para combatir la inseguridad alimentaria en diversas partes del mundo proporcionando alimentos frescos, nutritivos, fertilizados con compostaje orgánico que se obtiene de desechos del mismo huerto y algunos alimentos de la cocina.

Sin duda alguna, existen diversos documentos, artículos, manuales, entre otros, sobre la elaboración de estos sistemas de ecotecnias, sin embargo, lo que se expone en este manuscrito, es, por un lado, la ineficacia de estandarizar estos sistemas, y por otro, que sean autoconstruibles de bajo costo e impacto ambiental para zonas semiáridas. En este sentido, este manuscrito pretende describir el proceso de realización de un sistema de ecotecnias autoconstruibles de bajo costo e impacto ambiental como son humedales, huertos, así como filtros de aguas grises y jabonosas que puedan contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas.

Este ejercicio formó parte del proyecto de investigación Hábitat Rural Sustentable para regiones semiáridas del PRONACES VIVIENDA-CONAHCYT/SECIHTI (2022-2024) donde se plantea el desarrollo del huerto agroecológico y ecotecnias experimentales de bajo costo e impacto ambiental, utilizando, en mayor medida, materiales vernáculos; dicho ejercicio se realizó en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH). El huerto asociado a una ecotecnica incluye varios componentes clave, tales como sistemas de captación, filtración y almacenamiento de agua de lluvia, compostaje para la fertilización natural del suelo, y técnicas de cultivo orgánico. Estos componentes trabajan en conjunto para crear un sistema autosuficiente que maximiza el uso de recursos naturales y minimiza el impacto ambiental. La implementación de este sistema podría replicarse principalmente en viviendas y dar una solución sostenible a algunos problemas alimentarios, de escases de agua y de infraestructura hidráulica.

El uso racional de los recursos naturales está teniendo una mayor importancia en los últimos sesenta años, con documentos como el Informe Brundtland y la Agenda 2030 donde básicamente se refieren a los principios del desarrollo

sustentable según la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2024); en el informe del Nuestro Futuro Común se define al desarrollo sustentable "...como la satisfacción de «las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades»". Sin embargo, aún faltan realizar acciones para que este ideal realmente tome forma, esto debido al uso indiscriminado de combustibles fósiles y de los recursos naturales; aunado a esto, la visión neoliberal de la generación de capital sin mucha conciencia medio ambiental, las desigualdades sociales; otro de los factores de estos problemas es la falta o poca conciencia medio ambiental de las personas, desde separar y/o tirar la basura en su lugar, no desperdiciar energía eléctrica o agua potable, no reciclar las aguas grises, lo que ha propiciado que el problema se generalice incluso se socialice y normalice afectando dramáticamente al medio ambiente. El generar una conciencia desde lo individual, promovería acciones "modestas" que pueden coadyuvar a replicar una mayor conciencia del uso racional de los recursos naturales (ONU, 2024).

2. Área de estudio

El lugar donde se desarrolló la construcción fue en el Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH) para lo cual fue asignado un espacio en la parte posterior del mismo para la construcción del prototipo. El ITSOEH se localizan en el municipio de Mixquiahuala de Juárez reconocido como una de las localidades más antiguas del estado de Hidalgo, perteneciente al Distrito de Riego 03, presenta un clima semiseco templado según la clasificación climática de Köppen, con lluvias concentradas entre junio y octubre, mientras que de diciembre a marzo predominan condiciones secas. La precipitación anual promedio es de 409 milímetros y la vegetación predominante es matorral xerófilo.

3. Desarrollo

Fase 1. Identificación

En esta fase se pretende reconocer el área con la que se cuenta para desarrollar y ubicar el sistema agroecológico y ecotecnias.

1.1 Reconocimiento del sitio

Se realizó la selección de un área apropiada dentro del campus para el desarrollo del sistema; esta selección consideró factores como la exposición solar, el acceso al agua y la facilidad de manejo con base en lo mencionado por Altieri (1999), posteriormente se realizó un croquis del terreno, en el cual se describieron las dimensiones aproximadas, dentro del croquis se marcó si existían elementos fijos y semifijos (árboles, objetos móviles, construcciones incluyendo la vivienda), así como las pendientes del terreno. También se marcó en el croquis el norte y el flujo de las corrientes de viento, esto es esencial puesto que ayudaría a controlar la ventilación y la temperatura dentro del espacio. Con base en lo anterior, se ubicaron tanto el sistema agroecológico como las ecotecnias.

1.2 Identificación de materiales del sitio

Se analizó el sitio para identificar los materiales con posibles usos en sistemas constructivos vernáculos por medio de una excavación a una profundidad de 0.50 m, con base en esto, se clasificaron las rocas que se utilizarían en la construcción del sistema. Paralelamente, se investigó sobre sistemas constructivos vernáculos, esto para poder identificar similitudes de materiales. Finalmente, se realizaron pruebas a la tierra como la de “churro” para identificar la cantidad de arcilla que contiene.

Fase 2. Criterios para el desarrollo de ecotecnias

A continuación, se presentan los criterios necesarios para el desarrollo de cada ecotecnia (baño seco, letrina, fosa séptica, filtros, humedales y huerto).

2.1 Dimensionamiento de las ecotecnias

Se estableció el número de usuarios para los cuales se realizará el sistema, planteándose para cinco personas, con base en esto se revisaron las tablas de pre-dimensionamiento para las distintas ecotecnias.

Apoyándose de una libreta y un lápiz se realizaron bocetos (dibujos) con las medidas necesarias para la elaboración del sistema; así mismo, se definen los sistemas constructivos tradicionales a implementar para la cimentación, los muros, los pisos, la estructura, la cubierta y enrejados.

2.2 Descripción de las ecotecnias

2.2.1 Baño seco

Dimensionamiento mínimo de cámaras de compostaje para baño seco determinado por el número de usuarios (Tabla 1).

Tabla 1: Dimensionamiento de cámaras para baño seco. Fuente: Elaboración propia

	No. de Usuarios	Volumen requerido por cámara compostaje	Altura de la cámara	Ancho de la cámara	Largo de la cámara
B1	3	346 L	70 cm	55 cm	90 cm
B2	4	456 L	80 cm	60 cm	95 cm
B3	5	560 L	80 cm	70 cm	100 cm

Para este proyecto se propusieron a cinco usuarios lo que dio como capacidad mínima de 560 L por cámara de compostaje.

2.2.2 Letrina

Para su dimensionamiento, se debió tomar en cuenta lo siguiente: Una persona produce en promedio entre 0,04 - 0,05 m³/hab-año de residuos fecales (Tabla 2)

Tabla 2: Dimensionamiento de cámaras para letrina. Fuente: Elaboración propia

Dimensionamiento de cámaras para letrina					
Dimensionamiento de la cámara (m)					
	No. de Usuarios	Volumen requerido	Largo	Ancho	Profundidad
1	3	1.40 m ³	1.00 m	1.00 m	1.40 m
2	4	1.70 m ³	1.00 m	1.00 m	1.70 m
3	5	2.00 m ³	1.00 m	1.00 m	2.00 m

Tomando como base que el modelo está diseñado para dar servicio a una familia de cinco personas se tiene lo siguiente:

volumen requerido = 2.00 m³

Teniendo este volumen se propone un orificio en la tierra con las siguientes medidas: (Imagen 16).

Alto= 2.00 m

Largo= 1.00 m

Ancho= 1.00 m

2.2.3 Fosa séptica

Para el dimensionamiento de la fosa séptica es importante alinearse a lo establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-006-CNA-1997, Fosas sépticas prefabricadas-Especificaciones y métodos de prueba. La cual establece por lo menos 60 m de distancia a embalses o cuerpos de agua utilizados como fuentes de abastecimiento, 30 metros a pozos de agua, 15 metros a corrientes de agua y 5 metros a predios colindantes.

El dimensionamiento de fosa séptica dependerá del número de usuarios. Para el dimensionamiento de la fosa séptica se contempló el uso de una familia de cinco integrantes, donde, según las tablas (Tabla 3) el diámetro de la excavación será de 1.20 m de ancho y de 2.00 m de profundidad.

Tabla 3: Tabla de dimensionamiento de cámaras. Fuente: Elaboración propia; Cálculos con base en la Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas

Tipo de cámara séptica	No habitantes p (hab)	Volumen total requerido Vt / Litros	Profundidad total desde ras de suelo H metros	Ancho total A metros	Largo total L metros	Altura inferior h metros	Ancho inferior a metros	Largo interior l metros
------------------------	-----------------------	-------------------------------------	---	----------------------	----------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------

T-1	1-5	1600 L	1.65 m	1.10 m	2.00 m	1.50 m	0.90 m	1.80 m
T-2	6-10	3200 L	1.65 m	1.40 m	2.60 m	1.50 m	1.20 m	2.40 m
T-3	11-15	4800 L	1.65 m	1.70 m	3.20 m	1.50 m	1.50 m	3.00 m
T-4	16-20	6400 L	1.65 m	1.90 m	3.60 m	1.50 m	1.70 m	3.40 m
T-5	21-25	8000 L	1.65 m	2.10 m	4.00 m	1.50 m	1.90 m	3.80 m
T-6	26-30	9600 L	1.65 m	2.30 m	4.40 m	1.50 m	2.30 m	4.20 m

2.2.4 Diseño del módulo para sistema de saneamiento

Como resultado del análisis del dimensionamiento de los sistemas de saneamiento para residuos humanos (baño seco, letrina, fosa séptica), a continuación, se establecieron los criterios para la ubicación, el diseño y construcción de dicho módulo.

El diseño del módulo deberá ubicarse a un lado de las cámaras de compostaje, para su lado corto se propone una distancia de 2.2 m. el lado largo una distancia de 6.6 m (Figura 1).

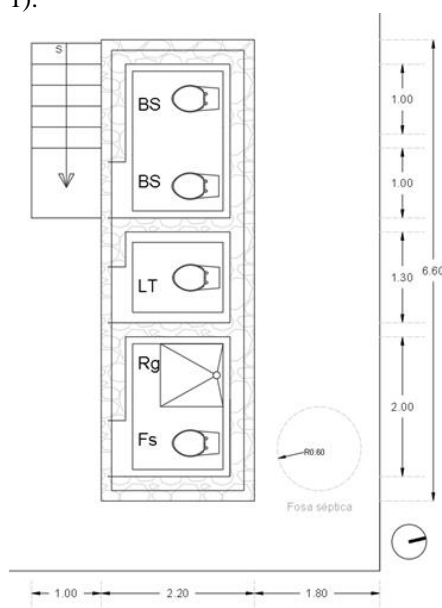


Figura 1: Dimensiones de módulo de baño (baño seco, letrina y baño convencional). Fuente: Elaboración propia*.

Por cuestiones de diseño, los tres sistemas se ubican al mismo nivel con base en la altura determinada del baño seco, esto para evitar un mayor gasto en el ajuste de pisos, muros, cubiertas e instalaciones, donde la cimentación se dejó a una altura de nivel de terreno natural de 80 cm.

Para la estructura se propuso un sistema de marcos rígidos en donde el elemento portante (columnas) será construido a base de morillos de madera de pino de 10 cm de diámetro y 2.4

m de alto respetando el sistema constructivo vernáculo. La altura de los muros sería de 2.40 m. y serán de bahareque con carrizo, tierra, paja y cal. Para la cubierta se propone una bóveda construida con carrizo, madera, tierra, cal y paja con una altura máxima de 0.30 m de peralte de la curva y con marquesina de 0.80 m, retomando los principios constructivos que se emplean en el sistema del bahareque, dicho dimensionamiento de la cubierta ayudará en la preservación de los muros de las inclemencias del tiempo (Figura 2).

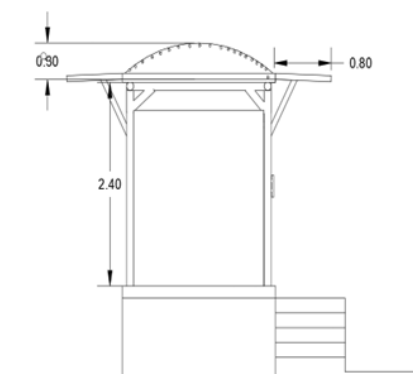


Figura 2: Dimensiones de módulo de baños (Vista frontal). Fuente: Elaboración propia.

2.2.5 Identificación de bajadas de aguas pluviales

Se identificaron las pendientes y posibles bajadas de agua pluvial de la construcción. (Figura 3).

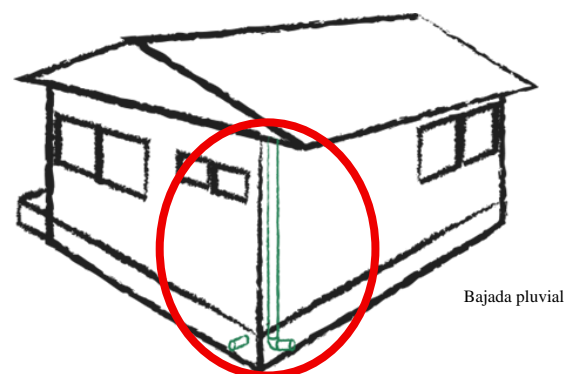


Figura 3. Identificación de bajadas pluviales. Fuente: elaboración propia.

* El modulo de baños desde un principio se planteó como un ejercicio de experimentación y didáctico, aunque el baño completo si se utiliza como tal, tanto la letrina como los baños secos son solo didácticos.

2.2.6 Identificación de salida de aguas grises

Conectar los muebles como los lavamanos y regaderas que descarguen aguas grises (las aguas grises se caracterizan por ser jabonosas, pueden contener en su afluente grasas que provienen de la ducha, tina, lavamanos y lavadora) y establecer donde están las salidas de estas aguas. No se deben considerar instalaciones sanitarias que lleven aguas negras, ya que estas son descargas directas de materia orgánica, heces y orina que contiene microorganismos patógenos que pueden afectar la salud de los habitantes por exposición o ingesta por medio de los alimentos al regarlos, ya que el biofiltro no los elimina (Arteaga et al, 2019).

2.2.7 Diseño del sistema de filtración

El filtro de aguas grises (Figura 4), constó de tres cámaras subterráneas posicionadas en una configuración lineal. Las medidas a paños interiores son los siguientes. La primera cámara tiene 1.50 m de largo por 0.90 m de ancho y 1.50 m de profundidad. La segunda y tercera cámara tienen las mismas medidas que son: 1.50 m de largo por 0.80 m de ancho y 1.50 m de profundidad. Las cámaras cuentan con tuberías para desfogue. El sistema de filtrado de aguas grises se instaló cerca de la vivienda, ya que la distancia determina a qué profundidad llega la tubería de abastecimiento de la primera cámara.

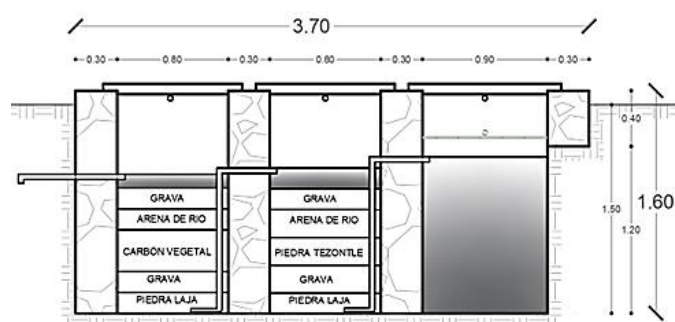


Figura 4. Dimensionamiento de captadores de filtros de agua gris: Fuente: Elaboración propia.

2.2.8 Diseño del humedal

El sistema de humedales artificiales se tiene que ubicar cerca de la vivienda, porque se van a conectar con la salida de aguas jabonosas y de esto dependerá la profundidad de la tubería. El humedal cuenta con 5 cámaras, las cuales se ubican en forma de cruz, cuentan con una dimensión de 1 m de largo y 1 m de ancho por 0.70 m de profundidad, cada cámara cuenta con una tubería de desfogue, (Figura 5).

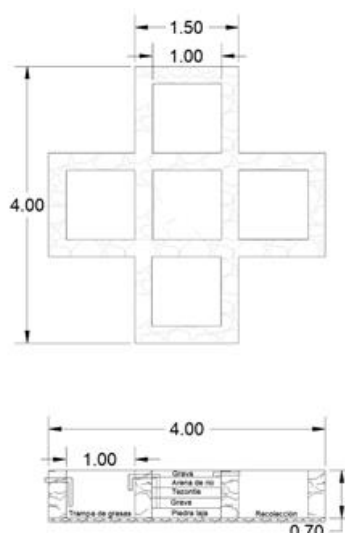


Figura 5. Dimensionamiento de humedales. Fuente: elaboración propia.

Fase 3. Etapa preliminar

Previo a la construcción del sistema de agroecológico y ecotecnias, se deben tomar en cuenta ciertas actividades que nos sirven para preparar el terreno.

3.1 Limpieza de terreno y análisis del suelo

Se identificó el tipo de vegetación y obstáculos como piedras, troncos, árboles, arbustos o maleza que se encontraban dentro del terreno y que podían interferir, dañar la construcción o poner en peligro la vida de los trabajadores; se procedió a juntar piedras en montones, recoger y juntar plásticos (botellas y recipientes) y desherrar maleza. Ya al final se llevaron a un lugar en donde no obstaculizaran las actividades de construcción (Figura 6).



Figura 6: Limpieza del terreno. Fuente: Elaboración propia

3.2 Nivelación de terreno para módulo de baños

Con base en el croquis elaborado previamente del sistema, se identificaron bordos y/o rocas que contenía el terreno; posteriormente se rocía agua sobre el espacio trabajado y con ayuda de un pisón se ejerce fuerza sobre la tierra para compactarla.

Se marcaron los límites de la construcción del sistema; con ayuda de estacas o postes de madera, los cuales se colocaron en las esquinas del módulo de saneamiento, de los filtros, el humedal y el huerto; por lo que se sugiere utilizar una escuadra para verificar que el ángulo sea de 90°, o utilizar la técnica del triángulo 3,4, 5 m. para sacar los ángulos.

Con ayuda de un hilo de cáñamo amarrar una punta a una estaca o poste, a una altura de 30 cm. Esta estaca se denominará punto 1. Seguir la línea perimetral con el hilo a la siguiente

estaca o poste de cada uno de los vértices de los segmentos del sistema.

Con una manguera con agua verificar el nivel con respecto al punto 1 y amarrar en donde marca la altura del agua en la estaca, se coloca el otro extremo de la manguera en la estaca 2 posteriormente se pasa el nivel de una estaca a otro con el mismo procedimiento. Rellenar o remover el terreno hasta dejarlo completamente plano y horizontal. El material de relleno debe de estar libre de materia vegetal o basura (Figura 7).

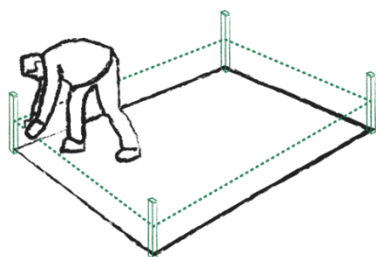


Figura 7. Trazo y nivelación del terreno. Fuente: elaboración propia.

3.3 Análisis de las condiciones del suelo

Se midió la concentración de nitrógeno, fósforo, potasio y el pH con el Kit HI3896 de HANNA Instruments (análisis semicuantitativo, Figura 8), así mismo, se enriqueció el suelo con una mezcla de composta orgánica (humus) previamente preparada, que se colectó de áreas arboladas de la región de Mixquiahuala de Juárez, la cual contenía hojarasca, trozos de corteza de árbol de pirul, con la intención de asegurar el éxito en el crecimiento y cosecha de las plántulas sembradas en las camas de cultivo.



Figura 8. *Kit HI3896 de HANNA Instruments (análisis semicuantitativo). Fuente: Elaboración propia.

3.4 Trazo para el módulo de baños, del humedal, los filtros y el huerto

Se traza el contorno del módulo, el humedal, los filtros y el huerto, identificando el primer vértice a trazar sobre el terreno y se clava una estaca posterior a eso con ayuda de un flexómetro o cinta métrica se debe marcar de manera paralela el siguiente vértice. Repetir el proceso en todos los vértices, verificando los cruces, con ayuda de una escuadra, que estos se encuentren a 90° grados. Cuando se tengan marcados los vértices y verificando la escuadra, se procede a colocar los hilos que definen la dimensión del cimiento.

Con ayuda de los hilos se realiza una marca a la altura deseada sobre el suelo, con ayuda de una manguera de nivel nos ayudamos para definir la marca sobre el objeto fijo hacia el resto de las estacas colocadas.

Posterior a ello, se hace un desfase hacia el interior hasta tener el ancho deseado para la cimentación. Se va colocando la cal, con el recipiente se va tirando de manera uniforme sobre los hilos, cuidando que caiga de manera vertical para evitar desfases en las medidas antes trazadas. (Figura 9 y 10) verificar constantemente las dimensiones.



Figura 9: Trazo de módulo de baños. Fuente: Elaboración propia.



Figura 10: Trazo de las camas del huerto. Fuente: Elaboración propia.

Fase 4. Excavación de fosas para humedales, filtros, camas del huerto y cimentación del módulo de baños

4.1 Excavación de zanja para cimentación del módulo de baños, fosas para humedal y filtros, camas para huerto

Se realiza una línea profunda con el pico a manera de volver a trazar para evitar que se borre la línea de cal. Dando golpes con el pico en el suelo dentro de las líneas marcadas se comienza a debilitar la tierra evitando romper o mover las estacas y los hilos. Una vez hecho esto, se realiza la excavación de acuerdo con las dimensiones que se especificaron en los planos. Una vez alcanzada la profundidad establecida, por debajo del nivel del terreno natural, se deben perfilar las orillas para dejar el espacio libre (Figura 11).



Figura 11: Excavación de zanja para cimiento. Fuente: Elaboración propia

4.2 Trazo y excavación para fosa séptica

Realizar el trazo, ubicando el centro de la fosa séptica y marcar un punto con cal, sobre dicho punto se clava una estaca; al centro y perpendicular a la estaca, con una distancia de 60 cm se coloca una segunda marca con cal, con ayuda de la estaca central y la segunda marca se tensa un hilo y se va girando para dibujar una circunferencia alrededor de la estaca. Remarca la circunferencia con cal y, con ayuda de la pala, se comienza a excavar. Con el flexómetro o la cinta métrica, cerciorarse de la profundidad de la excavación procurando respetar la profundidad establecida (Figura 12).



Figura 12: Trazo de fosa séptica. Fuente: Elaboración propia

4.3 Trazo y excavación para letrina fosa séptica

Se comienza dando golpes con el pico en el suelo, dentro de las líneas marcadas con cal para comenzar a debilitar la tierra, una vez alcanzada la profundidad establecida, se deben emparejar las orillas para dejar el espacio libre (Figura 13).

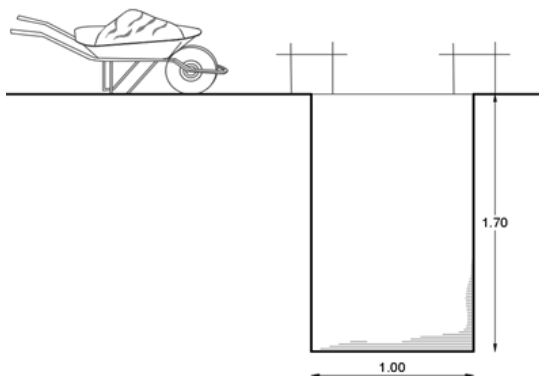


Figura 13: Excavación de pozo de desechos para letrina. Fuente: Elaboración propia

4.4 Trazo y excavación para camas del huerto

Se excavaron seis camas de un metro de ancho por seis de largo con una profundidad de 50 cm, se dejó un pasillo entre camas de 80 cm (Figura 14).



Figura 14. Excavación de camas para huertos. Fuente: Elaboración propia.

4.5 Cimentación de mampostería de tepetate para módulo de baños

Se comienza con la elaboración de la argamasa, para este caso se utiliza una mezcla de tierra, arena, cal y agua en una proporción 3-3-1 respectivamente (la cantidad de agua se establece en relación la consistencia de la mezcla, cuidando que no sea líquida ni tan seca). Se deben mezclar primero la tierra con la cal, cuando se tenga la mezcla de tierra, la arena y la cal, poco a poco se deberá agregar el agua hasta lograr una consistencia un poco espesa de manera uniforme (Figura 15).



Figura 15: Realización de mezcla. Fuente: Elaboración propia.

Se seleccionaron las piedras (piedra braza) de mayor tamaño (50 a 70 cm) para utilizarse en la primera capa de cimentación, se humedece la superficie en donde se va a asentar el cimient para que la tierra no absorba la humedad de la mezcla. Respetando los hilos del trazo se deberá colocar la piedra de tal manera que la cara con la mayor superficie deberá quedar en contacto con la tierra, procurando entrelazar las piedras, así se garantiza la estabilidad de la estructura. Después de colocar la piedra, ésta deberá ser humedecida y posterior a ello se colocará una capa de argamasa; esta deberá colocarse a presión, se avienta directamente a la piedra con fuerza para que pueda llegar a todos los huecos.

En las siguientes capas de piedra se deberá ir reduciendo el tamaño de las piedras (hasta llegar a los 10 cm en promedio), ya sea seleccionándolas y rompiéndolas. En los vértices se deberá dejar un hueco ya que en esos espacios se anclará la estructura de madera (Figura 16).

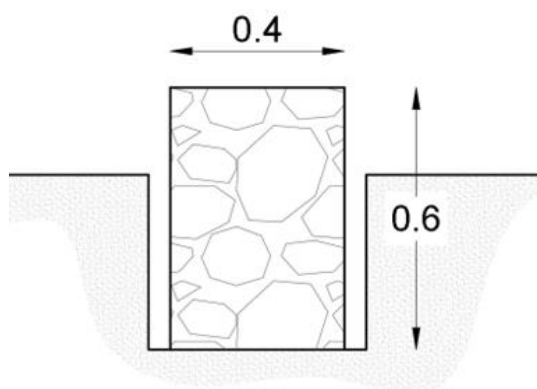


Figura 16: Elaboración de cimiento. Fuente: Elaboración propia

Fase 5. Instalación hidrosanitaria

Si bien, el objetivo es utilizar la menor cantidad de agua potable posible, para garantizar la higiene durante el uso de los módulos de baños (baño seco, letrina y fosa séptica) se debe contar con un elemento que permita lavarse las manos con su respectiva red hidro-sanitaria.

5.1 Instalación hidráulica

Se identifica la distancia que existe entre el tinaco y los muebles del baño; con base a la información, se cortan los tramos de tubería de $\frac{1}{2}$ " de CPVC necesaria para cubrir el recorrido que realizará el agua. Para poder pegar las conexiones necesarias, se debe lijar la superficie interior y la superficie exterior del tubo, de este modo el pegamento hace una mejor adherencia.

5.1 Instalación sanitaria

5.1.1 Fosa séptica

Se identifica la ubicación de la tasa de baño; con base en esto, se realiza un ramal de tubería específica sólo para el uso del W.C. con una pendiente no mayor al 2% hacia la fosa séptica. Se prepara la salida sanitaria de la tasa de baño en la parte exterior del módulo para conectar con fosa séptica, posteriormente, se excava una zanja en la tierra siguiendo la línea marcada; esta no tendrá una pendiente mayor al 2% en dirección a la fosa séptica. Se realiza un ramal de tubería independiente a la del W.C. para la regadera con una pendiente mayor a 2% hacia los humedales.

Dentro de la fosa séptica, ya instalado el tubo se conecta el codo de 90° con la salida en dirección al fondo de la fosa (Figura 17).



Figura 17: Instalación de tubería sanitaria. Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Lavamanos

Se identifica la ubicación del lavamanos, con base en esto, se traza una línea desde la ubicación del lavamanos hacia el área de descarga de aguas grises, posteriormente, se realiza la excavación del suelo para la tubería respetando siempre una pendiente no mayor al 2% en dirección hacia el área de descarga. Se rellena la zanja de la tubería de descarga con material producto de la excavación y se compacta el terreno sin aplicar fuerza en exceso con la intención de no romper el tubo.

5.1.3 Registros

Se ubicaron los registros a la distancia de 6 metros de distancia cada uno, en el ramal que viene de la biblioteca hacia los filtros. Estos registros permiten tener un control sobre el agua pluvial, además de poder realizar estudios al agua.

Fase 6. Estructura del módulo del sistema de saneamiento

6.1 Colocación y anclaje de morillos verticales para baño seco y letrina

Sobre los huecos de la cimentación se colocaron los morillos en posición vertical en cada cruce de vértices, ubicándolos a paño exterior de la cimentación. En la punta inferior se colocará hule u otro material aislante a manera que abrace al morillo y lo proteja de la intemperie. Con ayuda de la plomada se deberá verificar que el morillo se encuentre perfectamente vertical. Una vez plomados, se realizan amarres en cada intersección entre la piedra y el morillo utilizando el alambre y se procede a verter mezcla de tierra y cal y algunas piedras pequeñas para que el morillo quede ahogado junto con la cimentación y darle mayor rigidez (Figura 18).



Figura 18. Colocación de morillo vertical. Fuente: Elaboración propia.

6.2 Elaboración de piso para módulo de baño seco y letrina

Se debe seccionar la longitud del piso de tal forma que no queden distancias largas ya que pueden deformar la estructura.

Sobre la cimentación se colocan los morillos en posición horizontal de manera paralela al lado corto de la sección, una vez hecho esto, se colocan las tiras de carrizo sobre el entramado de los morillos con dirección contraria, para formar una retícula. Se realizan amarres en cada intersección entre el carrizo y el morillo utilizando el alambre, repitiendo el proceso en cada sección. Para terminar, se elaboran una argamasa a base de tierra, cal y paja con la finalidad de rellenar los espacios vacíos creados por la retícula. (Figura 19).



Figura 19: Elaboración de piso para módulo de baño seco y letrina. Fuente: Elaboración propia.

6.3 Colocación de traveses para baño módulo de baños

Se deberá medir la distancia entre 2 morillos ubicados de manera vertical, y se coloca un morillo para la trabe, posteriormente, se realizan perforaciones en las orillas de los morillos horizontales para poder realizar los amarres correspondientes. El morillo previamente perforado se coloca de manera horizontal sobre los morillos verticales, con ayuda de alambre atraviesa las perforaciones y realiza amarres, entre el horizontal y el vertical. Para dar mayor rigidez a la estructura, se cortaron morillos de 40 cm de largo, en las puntas se realizan cortes con un ángulo de 45°, se ubican por debajo del morillo horizontal y se anclan al morillo vertical. (Figura 20)



Figura 20: Colocación de traveses para baño seco y letrina. Fuente: Elaboración propia

6.4 Elaboración de muros de bahareque para el módulo de baños

Con ayuda de los morillos verticales se procedió a anclar el carrizo realizando un entramado, cada corte de carrizo se realizará sobre los nudos del carrizo evitando que este se troce, al interior del muro se realizan amarres en cada cruce de carrizo. Se prepara la mezcla en una porción de 10 kilos de tierra x 2 kilos de cal, eso se mezcla en seco., posteriormente,

a la mezcla se agrega paja paulatinamente, de igual forma se va agregando agua.

Cuando esté lista la mezcla se comenzó a aplicar de abajo hacia arriba colocando primero la mezcla sobre los cruces comprimiendo y amoldando con las manos, cuidando que entre en los huecos se cubran las dos caras del carrizo (Figura 21).



Figura 21: Elaboración de muros de bahareque para baño seco y letrina. Fuente: Elaboración propia.

Fase 7. Cubierta

7.1 Elaboración y colocación de cubierta para el módulo de baños

Se unirán los barrotes para alcanzar la distancia del largo total del módulo elaborando 2 tiras (una para cada lado) reforzando las uniones de los barrotes con 2 tablas en cada unión, una vez hecho esto, se cortarán 2 tiras de barrote con el ancho establecido en el módulo de baño con este primer material se realizará el bastidor de la cubierta. Este deberá fijarse sobre las traveses de los morillos de la estructura de los baños dejando un excedente de 40 cm paralelo a los lados largos, estos reforzarán el bastidor con morillos internos de manera horizontal sobre las traveses internas al sentido corto. Se utilizará jara de río o carrizo para realizar los arcos con una altura de 30 cm al centro de la estructura de la bóveda, paralelas al lado corto; con el mismo carrizo, se colocarán arcos perpendiculares lo que dará como resultado una cuadrícula, utilizando alambre se realizará atados en los cruces. Replicando la mezcla y proceso utilizado en los muros de bahareque, se elaborará y aplicará sobre la cubierta (Figura 22).



Figura 22: Cubierta para módulo de baños. Fuente: Elaboración propia.

Fase 8. Construcción de cámaras de filtración

8.1 Muros divisorios de las cámaras

Los muros divisorios se elaborarán con piedra brasa y tepetate, juntado con una argamasa hecha en obra, la argamasa consiste en las siguientes proporciones:

- 30% de tierra producto de excavación
- 30% de arena
- 10% de cal.
- Agua. Se añade lentamente hasta conseguir una consistencia maleable,

Nota: la cantidad de agua a usar depende mucho del clima de la zona

Se identificaron las piedras a utilizar, de ser necesario, varias de estas, se fragmentaron con marro para que tengan medidas de entre 30 y 45 cm. Se humedeció el área marcada donde se levantó el muro de mampostería, y se escogieron las piedras húmedas que vayan encajando para realizar el muro. Se integró la argamasa en la piedra, golpeando ligeramente con un mazo la piedra para que se ajuste.

Fase 9. Estructura para la cerca del huerto

9.1 Colocación y anclaje de tubos galvanizados para sostener la malla sombra.

Se implementó un cercado perimetral utilizando malla ciclónica calibre 20 de 1.50 m de altura, fijada con alambre galvanizado. Los postes de soporte son tubos galvanizados de 3 m de altura enterrados a 50 cm nivelados, fueron distribuidos cada 2 m, incluyendo una puerta de 1.5 m de ancho, formando una estructura sólida y uniforme. Una vez anclados los tubos con una cimentación sencilla ciclópea con una profundidad de 40cm, se les coló cemento para darle mayor rigidez al tubo. Finalmente se coloca la malla sombra tratando que no quede tan estirada y cociéndola en los bordes para que quedara una malla uniforme (Figura 23).



Figura 23. Colocación de cimentación para recibir el tubo galvanizado. Fuente: Elaboración propia.

Fase 10. Sembrado de vegetales y hortalizas

10.1 Sembrado y cultivo de vegetales y hortalizas en charolas.

Se procedió a la siembra de semillas de hortalizas en charolas de germinación de alrededor de 40 pozos, para el trasplante del almácigo a las camas de cultivo se hizo a una profundidad de siembra que varió según el tipo de semilla, oscilando en promedio entre 1 mm hasta los 6 cm; Esta

variabilidad responde a los requerimientos específicos de cada especie hortícola en su fase inicial de desarrollo Ramírez (2018) (Figura 24).



Figura 24. Colocación de almácigos en charolas. Fuente: Elaboración propia

10.2 Sembrado y cultivo de vegetales y hortalizas en camas de huerto.

Para el trasplante de plántulas, las técnicas utilizadas se realizan en zigzag y en cuadrado con una separación aproximadamente de 15 cm entre cada plántula de distribución uniforme, evitando que exista una competencia y crecimiento más equilibrado (Altieri y Nicholls, 2000) (Figura 25).



Figura 25. Trasplante de plántulas a las camas del huerto. Fuente: Elaboración propia

Las cosechas y el número de cortes se realizarán hasta que estén maduros y en su óptimo punto de recolección, el número de cortes dependerá de cada tipo de hortaliza. Para medir el rendimiento y el porcentaje de los cortes por cada huerta y hortaliza que se sembró se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$\text{Rendimiento corte (kg)} = \frac{\text{Cantidad cosechada (kg)}}{\text{Número de cortes}}$$

Este valor representa cuánto se obtiene, en promedio, por cada ocasión que se cosecha el cultivo.

$$\% = \frac{\text{Rendimiento por corte (kg)}}{\text{Total de rendimiento unitario acumulado (kg)}} \times 100$$

Permite identificar el peso relativo en porcentaje de cada cultivo en el rendimiento total.

Fase 11. Instalación de accesorios

11.1 Instalación de tubería en cámaras de filtración

En los huecos que se dejaron al levantar el muro de mampostería, se colocara la instalación hidráulica que conecta las cámaras de filtrado entre sí, como se muestra en la imagen. Los tubos y conexiones son de PVC de 2" (Figura 26).



Figura 26. Instalación de tubería en cámaras. Fuente: Elaboración propia.

Fase 12. Instalación de tanques de almacenamiento y bomba

12.1 Instalación de tanques de almacenamiento

Se verificó que se encuentren en buen estado los materiales, posteriormente, colocar los tanques de almacenamiento en las fosas excavadas, cuidando que no se dañen durante la maniobra, (Figura 27)

Identificar que se cuenten con todos los materiales y para la instalación del sistema de almacenamiento, como tubería PVC de 2", conexiones de PVC 2", tanques de almacenamiento, se cortarán los tubos necesarios, dependiendo de la distancia que se requiera para conectar los tanques de almacenamiento. Se conectaron con tubería PVC de 2" los tanques de almacenamiento con la última cámara del sistema de saneamiento de aguas grises; considerar que se pondrá una bomba eléctrica.



Figura 27. Instalación de tubería para tanques de almacenamiento. Fuente: elaboración propia.

12.2 Instalación de bomba para la distribución de agua

Identificar que se cuenten con todos los materiales y para la instalación del sistema de almacenamiento, como tubería PVC de 2", conexiones de PVC 2", tanques de almacenamiento. Se define donde se pondrá la bomba hidráulica de un caballo de potencia.

12.3 Colocación de material para filtrado en filtros de aguas grises

Con ayuda de una pala y una cubeta se llenarán las cámaras de filtrado.

Primer cámara

1. En la primera cámara se pondrá una maya de filtrado la cual puede ser tela o tejida con hojas de carrizo.

Segunda cámara

1. Llenar la primer capa 15 cm de piedra laja.
2. Llenar la segunda capa 20 cm de grava de 1 ½".
3. Llenar la tercera capa 20 cm de piedra tezontle.
4. Llenar la cuarta capa 15 cm de arena de río.
5. Llenar la quinta capa 15 cm de grava de 1 ½".

Tercera cámara

6. Llenar la primer capa 15 cm de piedra laja.
7. Llenar la segunda capa 15 cm de grava de 1 ½".
8. Llenar la tercer capa 30 cm de carbón vegetal activo.
9. Llenar la cuarta capa 15 cm de arena de río.
10. Llenar la quinta capa 15 cm de grava de 1 ½".

12.4 Colocación de vegetación en humedal

Con ayuda de una pala se colocarán en las cámaras ya con el material filtrante la vegetación que ayudará con la filtración del agua, las cuales son los juncos de agua, se hacen orificios con 15 cm de profundidad, esto para que las raíces de la planta queden bien firmes y ayuden con el filtrado, (Figura 28).

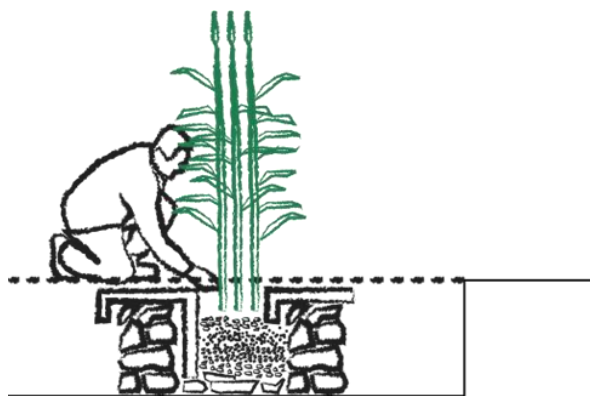


Figura 28. Colocación de vegetación para filtrado en humedales artificiales. Fuente: Elaboración propia.

12.5 Instalación de aparato sanitario

12.5.1 Baño seco y letrina

Se colocaron la taza sobre la base donde se encuentra el hueco de la cámara, sobre el piso se realizan marcas ubicando las guías de la taza para fijar al suelo y se retira la taza, se realizan perforaciones y se insertan los taquetes y se coloca taza y se coloca tornillos que permite quitar y poner la taza.

12.5.2 Instalación de lavamanos

Se sobrepuso el pedestal del lavabo a nivel del lecho superior de la cimentación, con ayuda de otra persona y un color se hacen marcas para fijar el lavabo, con ayuda del taladro se realizan perforaciones sobre las marcas. Se colocan los taquetes y con ayuda de un martillo se empujan los taquetes hasta el fondo del orificio realizado, se coloca de nuevo al lavabo y utilizando los tornillos este se fija a la ubicación previamente establecida, se instala la llave sobre el lavabo, utilizando teflón se conecta la manguera y está a la red hidráulica previamente instalada, finalmente, se coloca el céspol en el lavabo, este se aprieta con las manos y se conecta al tubo de salida de aguas grises.

Resultados y discusión

Las ecotecnias son una herramienta muy loable para coadyuvar al uso racional de los recursos naturales, ya que en general se busca que a través de este tipo de herramientas se aproveche lo más posible los recursos naturales con una huella

ecológica mínima, sin embargo, aún hay ecotecnias que no están al alcance de todas las personas, mientras que otras, por su fabricación llegan a tener un impacto negativo al medio ambiente y/o un costo elevado, por lo cual no se adecuan en su totalidad a las necesidades de los usuarios o al contexto o las circunstancias.

Las construcciones en las que se utilizan sistemas constructivos vernáculos generan beneficios importantes entre los habitantes, además de coadyuvar a incentivar la identidad a este tipo de construcciones que a su vez se van transfiriendo de generación en generación.

Algunas ventajas que se tienen son:

Aprovechamiento de materiales de la región que a su vez genera menor impacto ambiental.

Puede ser construida por los mismos habitantes.

Genera mayor confort térmico gracias a los materiales utilizados.

Genera ahorro económico al no contratar mano de obra ni materiales industrializados.

No genera malos olores.

Utiliza muy poca agua para su funcionamiento y la que se utiliza lleva un filtrado inicial.

Si por alguna razón algún elemento de la construcción queda mal, se puede retirar y volver a construir.

Coadyuva a la permanencia de tradiciones constructivas y promueve la cohesión familiar y social.

Dentro de las desventajas se encuentran:

Puede ser un proceso largo ya que depende del tiempo que tengan las personas para construir. Requiere un mantenimiento constante y mucho trabajo colaborativo.

Con base en lo expuesto a lo largo de este manuscrito, se pudo demostrar la factibilidad de hacer este tipo de ecotecnias por parte de los mismos usuarios; además de que el 70% del material utilizado para la construcción del Prototipo fue realizado con materiales vernáculos; los materiales que se tuvieron que comprar para el prototipo tuvieron un costo total aproximado de \$30,000, insumos como madera, PVC, el tinaco, calentador solar, malla de gallinero y de sombra, tubos galvanizados, pijas, alambre, muebles de baño, registros sanitarios, entre otros; en este sentido, las dimensiones del módulo de saneamiento es de 24m², el de humedal es de 4m³, las dimensiones de las fosas para los filtros y contenedores de agua (tinacos) 6m³ y el huerto es de 48m² (Figura 29).



Figura 29. Módulo de saneamiento, sistema de filtración y huertos. Fuente: Autor.

A continuación, se describe sistema de ecotecnias y huertos, utilizando como acto narrativo el tránsito del agua pasado por las ecotecnias culminando en el huerto.

Captador de agua pluvial

El recorrido comienza por la gárgola del Edificio de la Biblioteca del ITSOEH, esto se debe a que la cubierta del módulo de saneamiento es pequeña para la necesidad de captación de agua, por lo que se les propuso a las autoridades del Instituto integrar una bajada en una de las gárgolas (Figura 30) con un captador, el cual fue adaptado de un registro prefabricado (Figura 31), de ahí se dirige el agua por medio de una tubería de PVC de 4" hacia la cámara dos de filtros.



Figura 30. Gárgola bajada de agua de la Biblioteca del ITSOEH. Fuente: Autor



Figura 31. Registros adaptados como captadores de agua pluvial. Fuente: Autor.

Fosa séptica

El siguiente punto del recorrido es el baño completo con fosa séptica, como se mencionó, se hizo el hoyo de 2m de profundidad y un metro de diámetro (imagen 36), en esta fosa sólo llegan las aguas negras provenientes del wc, se tomó la decisión de no recubrir la fosa para que el tepetate desintegre las heces y sirvan también de un filtro natural; por otro lado, el agua de la regadera (Figura 32) llega a la segunda cámara del humedal. Valdría la pena comentar que los muros del módulo de saneamiento fueron realizados con la técnica de bahareque y con un aplanado de tierra con cal y un fino hecho con cerofino y pintura vegetal.



Figura 32. Ubicación de la fosa séptica, por detrás del baño completo. Fuente: Autor.



Figura 33. Vista interior del baño completo (regadera y WC). Fuente: Autor.

Letrina

Continuando con el recorrido, tenemos la letrina, el cual también se hizo un hoyo de 2m sobre el mueble sanitario (Figura 34), este es un mueble específico para este tipo de baños.



Figura 34. Imagen interior de la letrina. Fuente: Autor.

Baño seco

El baño seco se ubicó en la parte oeste del módulo de saneamiento, en este se integraron dos WC demostrativos para usarse como baño seco (Figura 35). Arriba de esta sección se ubica el tinaco de agua potable. Por debajo del piso, se instalaron dos registros correspondientes a las dos tazas, los cuales fungen como cámaras donde se desechan las heces para posteriormente ser retiradas cuando se llenen y vaciarlas.



Figura 35. Vista interior del baño seco. Fuente: Autor.

Humedal

Como se mencionó, el humedal está diseñado en forma de cruz, la primera cámara es la trampa de grasas, las tres cámaras transversales son las cámaras de filtración con la integración de carrizos, mientras que la última cámara es el depósito de agua tratada (Figura 36).



Figura 36. Vista aérea del humedal en forma de cruz. Fuente: Autor.

Filtros y contenedores de agua tratada

Se decidió integrar otro sistema de filtrado además del humedal, un sistema de filtros enterrados para un mayor grado de depuración del agua está constituido por tres cámaras de filtración y dos contenedores de agua regenerada (Figura 37), de ahí el agua tratada se dirige al huerto.



Figura 37. Sistema de filtros y contenedores enterrados. Fuente: Autor.

Huertos

Para evidenciar la eficacia del sistema de captación y filtración de aguas pluviales y jabonosas del prototipo, se manifiesta en la eficacia del huerto agroecológico; en este sentido, el desarrollo del huerto agroecológico experimental asociado a una ecotecnia en las instalaciones del ITSOEH en un área con óptima exposición solar y acceso al agua.

Las semillas de las hortalizas se sembraron en charolas de germinación, las cuales fueron las siguientes: chile de árbol, zanahorias, cebollas, lechugas, rábano, calabaza, acelga. Posteriormente las plántulas se trasplantaron en un patrón en zigzag y método cuadrado con una separación aproximada de 15 cm entre cada ejemplar, ajustándose dicha distancia según la especie (Figura 38).



Figura 38. Cosecha de vegetales del huerto. Fuente. Autor.

Para cada especie hortícola, se llevó a cabo un registro que incluyó tanto el rendimiento de cosecha, expresado en kilogramos (kg), número de cortes realizados a lo largo del ciclo productivo. Después de haber obtenido el registro de datos se elaboró un análisis estadístico en donde se realizó el cálculo del rendimiento respecto a la cosecha de cada especie hortícola: cebolla (Cambray), con un 16.0% hortaliza con el mejor rendimiento, lo que indica una mayor eficiencia en producción por corte realizado; zanahoria 14.2%; chile de árbol 13.7%; cilantro Lidert 10.7%; ambas variedades de rábano (Crimson Grande y Largo Rojo) con 10.7%; acelga 8.0%; la coliflor 3.8%; calabaza 5.3% y lechuga italiana 6.8%.

La identificación y selección de cultivos en el huerto agroecológico permitió evaluar el comportamiento productivo de diversas hortalizas bajo condiciones agroecológicas específicas, lo cual es congruente con experiencias documentadas en huertos familiares y comunitarios en Hidalgo y otras regiones de México. Tagle-Zamora y Azamar-Alonso (2020) menciona que la implementación de huertos orgánicos ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la seguridad alimentaria y la autosuficiencia, al aprovechar cultivos adaptados a las condiciones locales y promover la diversificación productiva.

La implementación de un prototipo de un sistema agroecológico y ecotecnias experimental en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH) se llevó a cabo mediante una planificación cuidadosa que consideró aspectos clave como la selección del espacio, la preparación del terreno y la distribución de las camas de cultivo. De acuerdo con Flores y colaboradores (2024) la presencia de tepetate, común en suelos de regiones alrededor del Estado de Hidalgo, puede ser modificado con técnicas manuales, lo que refleja la importancia de adaptar las prácticas a las condiciones locales.

Desafortunadamente, el poco reconocimiento de los sistemas tradicionales de construcción, así como de producción agroecológica, se han ido perdiendo, y con ello formas sustentables y eficaces de habitar zonas rurales; más aún, el desconocimiento también ha provocado la estigmatización de estas formas de habitar, caracterizándolas como ineficientes, precarias y poco útiles.

En la última década, ha habido un mayor auge de cursos, diplomados y talleres a en relación a sistemas constructivos

tradicionales, huertos familiares y sistemas de filtración; sin embargo, algunos son de difícil acceso por el alto costo, otros son muy genéricos y sin tomar mucho en cuenta los contextos y característica específicas, otros le dan poca importancia a la participación ciudadana; aunque es loable la opción de tener este tipo de actividades para divulgar, es importante dimensionar sus alcances y beneficios; por esta razón, se considera importante aperturar estos temas en la academia con la participación directa de los habitantes en las comunidades rurales.

Las ecotecnologías y ecotecnias son técnicas que se van desarrollando a través del tiempo, de acuerdo con las necesidades, las condiciones de la región y de los materiales a disposición. Contrario a la ecotecnología que son técnicas avanzadas o dispositivos que utilizan la más avanzada tecnología como los paneles solares, las ecotecnias conservan su conexión con la naturaleza y donde las mismas personas sin experiencia pueden construirlas o instalarlas en sus casas. Por lo que hay que considerar que añadirlas a las viviendas no solo es mejor para el medio ambiente y las personas.

El sistema agroecológico y de ecotecnias, hoy en día, resultan ser una alternativa funcional pues debido a su funcionamiento permiten el ahorro tanto de recurso económico en materiales y mano de obra. Así mismo permiten el rescate de sus procesos constructivos los cuales integran actividades familiares al contar con la participación de uno o varios miembros de una familia.

El proceso que se realizó sirvió para revalorizar la construcción tradicional y agroecológico como una fuente para poder resolver problemáticas en torno a la vivienda en zonas rurales semidesérticas. En este mismo tenor, retomar este tipo de prácticas tradicionales coadyuva tanto a preservar su identidad como a buscar la manera de reducir la contaminación en el ambiente. Es importante establecer que este tipo de sistemas se vuelven eficaces en la medida que se adaptan al contexto y necesidades particulares, de lo contrario más que un beneficio, puede generar una serie de inconvenientes incluso gastos innecesarios.

En el caso del tema de la reutilización de las aguas pluviales, grises y jabonosas, en comunidades rurales semidesérticas, el agua potable es muy escasa, por lo que realizar acciones para reutilizar aguas jabonosas son una necesidad, sin embargo, para la creación de un sistema de filtración se vuelve complejo por la carencia de recursos humanos, económicos e incluso de insumos; por esta razón, la realización de sistemas como el que se expuso, con materiales tradicionales y autoconstruible, se vuelve una opción factible para las familias de comunidades rurales en zonas semiáridas, ya que es eficaz, económico, de bajo e incluso nulo impacto ambiental.

Con el desarrollo del huerto agroecológico experimental dentro de las instalaciones del instituto ITSOEH bajo condiciones controladas, superando retos como la preparación del terreno, condiciones climáticas y el manejo de fauna silvestre local, permitió establecer un espacio funcional y replicable para la producción diversificada de hortalizas. También se identificaron los diferentes tipos de cultivos adecuados para establecer dentro del huerto agroecológico, al igual se realizó el análisis de su rendimiento y aprovechamiento, evidenciando la adaptabilidad de diversas especies bajo el esquema agroecológico, destacando la posibilidad de obtener productos frescos y subproductos que

contribuyen a la soberanía alimentaria. La información recopilada proporciona una base sólida para identificar a las especies más adaptadas y productivas bajo las condiciones del huerto, así como para orientar futuras decisiones sobre la selección de cultivos y que sea un modelo replicable en otras localidades del Valle del Mezquital como una técnica agroecológico sustentable, con el cual se podrían elaborar productos y subproductos con la variedad, cantidad de hortalizas que se generan en esta ecotecnia. Durante el desarrollo del proyecto, se realizó un análisis sobre los productos que se obtienen de cada hortaliza, así como los subproductos que se podrían obtener y los beneficios asociados a su procesamiento.

Es imperante generar una mayor conciencia sobre el impacto ambiental que generamos cada vez que abrimos la llave o nos bañamos; y, que es posible reutilizar esta agua para otras actividades, no necesariamente para consumo humano, sino para actividades básicas como riego de plantas o huertos.

Agradecimientos

Agradecimientos al programa PRONACES VIVIENDA-CONAHCYT/SECIHTI (2022-2024) con el proyecto “Hábitat rural sostenible para regiones semiáridas. Sistematización y normalización de la construcción con materiales naturales y la producción agroecológica”. Es importante hacer énfasis en la participación de los estudiantes del ITSOEH, que, sin su apoyo, hubiera sido complicado realizar el prototipo, así como, a las autoridades del Instituto.

Referencias

- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., (2000). Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable (1a ed.). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.
- Ameghino Rojas, P., Ato Rodríguez, M. C., Chinchay Razuri, J., Fernández Rodríguez, J. C., (2021). Ecotecnologías de aprovechamiento hídrico para viviendas sostenibles en Lima Metropolitana [Magíster en administración estratégica de empresas, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Arias I., Brix, H., (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales; en *Ciencia e Ingeniería Neogradeia*. pp. 17-24. Bogotá, Colombia.
- Arteaga-Cortez, V. M., Quevedo-Nolasco, A., Valle-Paniagua, D. H., Castro-Popoca, M., Bravo-Vinaja, A., Ramírez-Zierold, J. A., (2019). Estado del arte: Una revisión actual de los mecanismos que realizan los humedales artificiales para la remoción del nitrógeno y fósforo. *Tecnologías y Ciencias del agua*. 10 (5), 319-343.
- Carballo Matos, B., Sissi E., Sarmiento Mariscal, M. del C., (1999). *Septic Manual-Pasos para construir tu propia fosa septica*. Septic System Construction Handbook. Universidad de Quintana Roo División de Estudios Internacionales y Humanidades Manejo Integrado de Recursos Costeros/Coastal Resources Center University of Rhode Island.
- Castillo Castillo, L., (2022). Sanitario ecológico seco. Manual de diseño, construcción, uso y mantenimiento. En *The humanure handbook*. Joseph Jenkins. 2019.
- Daneels, A., (2015). Los sistemas constructivos de tierra en el México Prehispánico. Universidad de Cuenca. Ecuador: SIACOT
- Flores, J. C. G., Calvet-Mir, L., Domínguez, P., (2024). Investigación participativa sobre el conocimiento ecológico tradicional asociado al huerto familiar en el Estado de México. *Acta Universitaria*, 34, 1–20. <https://doi.org/10.15174/au.2024.4234>.
- Gestión Ambiental Local por una comunidad sustentable y ministro del Medio Ambiente, s/f. Manual práctico de captación en ecotecnia para el uso sustentable del recurso hídrico en la comuna Monte Patria, Localidad Chañaral Alto (Región de Coquimbo). Gobierno de Chile
- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Nacional de Vivienda (ENVI), 2017.
- Lineamientos técnicos: Sistema de tratamiento de Aguas residuales a nivel Vivienda en zona rural. CONAGUA, 2024.
- Lucho-Constantino, C. A. Medina-Moreno, S. A. Beltrán-Hernández, R.I. Juárez-Cruz, B. Vázquez-Rodríguez, G.A. Lizárraga-Mendiola, L., (2015) Diseño de fosas sépticas rectangulares mediante el uso de la herramienta FOSEP *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 14, núm. 3. pp. 757-765.
- Martin Domínguez, A., González Herrera, A., (2010). Sistema de captación, almacenamiento y purificación de agua de lluvia, Secretaría de medio ambiente y recursos hidráulicos. Gobierno de México.
- Manuela Avellaneda, L., (2016). Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de Aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco Urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima. Universidad Libre Facultad de Ingeniería Instituto De Posgrados Especialización En Gerencia Ambiental Bogotá Colombia.
- Organización Mundial de la Salud (2015) Water, sanitation and hygiene in health care facilities: Status in low- and middle-income countries and way forward. Disponible en http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/154588/1/9789241508476_eng.pdf?ua=1.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024). Mercados tradicionales de alimentos: Experiencias de buenas prácticas en América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://doi.org/10.4060/cc9194es>.
- Peniche Camps, S., (2023). Las ecotecnia como factor de sustentabilidad, El caso de las biopiscinas municipales en la ciudad de Guadalajara. *Hatso-Hnini. Revista De Investigación De Paisajes Y Espacio Construido*.
- Rivas, I. P., (2021). Sistemas de saneamiento básico sustentable. Tipos, técnicas y ejemplos. OVACEN.
- Salud sin límites, S/f. Manual de construcción de baño ecológico seco S/f. Perú.
- Tagle Zamora, D., y Azamar Alonso, A., (2020). Beneficios asociados al uso de ecotecnia en comunidades rurales de Guanajuato, México. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 33(1), 112-132. Recuperado de https://ddd.uab.cat/pub/revibec/revibec_a2020v33/revibec_a2020v33p112.pdf
- Transferencia de Tecnología y Divulgación sobre Técnicas para el Desarrollo Humano y Forestal Sustentable. Sanitario seco (2012). SEMARNAT.