

RETOS Y ALTERNATIVAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO: UN ENFOQUE DE  
ECOTECNIAS DE TRASPATIO EN COMUNIDADES CAMPESINAS

CHALLENGES AND ALTERNATIVES TO CLIMATE CHANGE: AN APPROACH TO  
BACKYARD ECO-TECHNIQUES IN RURAL COMMUNITIES

JUAN CARLOS  
VARILLAS LIMA<sup>1</sup>

JOSÉ LUIS  
ALCÁNTARA FLORES<sup>2</sup>

RICARDO  
PÉREZ AVILÉS<sup>3</sup>

SILVIA  
ROMERO GARCÍA<sup>4</sup>

### Resumen

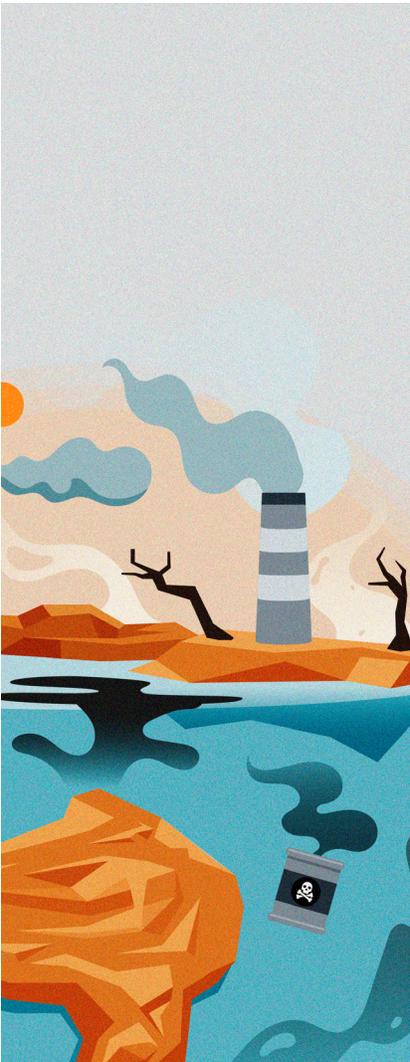
El modelo económico capitalista en el mundo ha favorecido la existencia de efectos negativos en la actividad humana hacia el medio ambiente, lo cual ha provocado un escenario complejo en cuanto al desplazamiento de los saberes tradicionales en procesos de producción frente al avance de los mecanismos industriales, con consecuencias notables para el equilibrio ecológico. Sin embargo, existe una resistencia social impulsada de las comunidades campesinas para la adopción de las llamadas ecotecnias de traspatio, para mitigar los efectos del cambio climático. En este artículo se analiza el desarrollo de estas ecotecnias (estufas ahorradoras, cisternas de ferrocemento, baños secos, sistemas de captación de agua pluvial, entre otras) en las comunidades de San Bernardino Tepenene y San Juan Tuxco, ubicadas en la región centro y de los tres volcanes, respectivamente, dentro del estado de Puebla.

**Palabras clave:** cambio climático, ecotecnias, traspatio, comunidades campesinas.

### Abstract

The capitalist economic model around the world has favored the existence of negative effects in human activity towards the environment; which has caused a complex scenario in terms of displacement of the traditional knowledge by industrial mechanisms in the production process, this has evidently impacts in the ecological system. However, there is a social resistance by peasant communities adopting ecotechniques whit the purpose to mitigate the effects of climate change. This study analyzes the eco-technologies development (saving stoves, ferrocement cisterns, dry toilets, rainwater collection systems, etc.) in San Bernardino Tepenene and San Juan Tuxco, located in the central region and the three volcanoes, respectively, in the state of Puebla.

**Key words:** climate change, eco-technologies, backyard, peasant communities.



<sup>1</sup> Investigador. Doctor. Puebla, México. E-mail: varillaslima@gmail.com ORCID: 0009-0000-7881-8433

<sup>2</sup> Investigadora. Doctor. Puebla, México. E-mail: jose.alcantara@viep.com.mx ORCID: 0000-0002-2858-9035

<sup>3</sup> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Investigador jubilado. Doctor. Puebla, México. E-mail: ricardo.perez@viep.com.mx ORCID: 0000-0003-4616-6615

<sup>4</sup> Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan (ITSSMT). Profesora de Asignatura. Maestra. E-mail: silvia.romero@smartin.tecnm.mx ORCID: 0009-0001-7916-2584



## INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un proceso multifactorial propiciado, principalmente por los efectos de las actividades impulsadas por el sistema capitalista, sobre todo en su fase neoliberal. Este modelo de producción, conducción y de ideología, acentúa las prácticas del colonialismo interno en México, discriminando a los grupos de población más vulnerables, principalmente de los grupos originarios y campesinos.

Además de la industria capitalista que genera grandes volúmenes de gases de efecto invernadero, de la acumulación de desechos y basura que contamina los suelos y mares; el modelo de producción capitalista de alimentos también propicia el uso indiscriminado de pesticidas e insecticidas, los cuales erosionan y causan infertilidad en los suelos e impulsan la modificación de los ecosistemas agrícolas mediante la introducción de semillas transgénicas.

Este sistema implantado en la sociedad de consumo provoca una demanda indiscriminada de alimentos que son producidos más rápido, a mayor escala y en respuesta a las exigencias estéticas de los consumidores, lo cual intenta desplazar y extinguir los modelos de producción y de consumo tradicionales, los saberes de los pueblos originarios y campesinos, así como las prácticas de cuidado, preservación y rescate de los ecosistemas agrícolas y su biodiversidad.

En este nicho se ha presentado una notable resistencia, convirtiendo a la agricultura tradicional en una respuesta tangible a los estragos ya provocados al planeta. En esta lucha social de reivindicación del rol de los pueblos indígenas y

campesinos en la batalla contra el cambio climático, ha habido importantes avances, por ejemplo, los logros alcanzados por la Vía Campesina, en la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas de París en 2015 (COP21) y la celebrada en Egipto en 2022 (COP27). Estos consisten en el reconocimiento al conocimiento, tecnologías y prácticas de los pueblos indígenas y comunidades rurales relacionados con la respuesta al cambio climático y la atención a la soberanía alimentaria.

Ante este panorama, son las mismas comunidades las que impulsan saberes y tecnologías tradicionales como alternativas viables frente al cambio climático, por ejemplo, el traspatio familiar, el cual promueve la identidad cultural asociada a la biodiversidad conservada en cultivos y animales de traspatio que aportan seguridad alimentaria a las familias.

En este estudio se analizan algunas de las ecotecias implementadas en dos comunidades pertenecientes a dos regiones distintas en el estado de Puebla, se trata de San Bernardino Tepenene, del municipio de Tzicatlacoyan, en la región centro del estado, y San Juan Tuxco, del municipio de San Martín Texmelucan en la región de los Tres Volcanes.

## DESARROLLO

### **Caracterización de las regiones y casos de estudio**

Para el presente estudio se ha utilizado una metodología de un estudio descriptivo en los procesos y resultados de la implementación de

ecotecnias en dos localidades pertenecientes a dos regiones con distintivos climáticos, productivos, socioeconómicos, entre otros. Estas son la localidad de San Bernardino Tepenene, del municipio de Tzicatlacoyan, y San Juan Tuxco, en el municipio de San Martín Texmelucan, Puebla.

Si bien, el presente no se centra en un estudio propiamente regional, en términos geográficos y territoriales, es pertinente la justificación y caracterización de las regiones en las que se ubican las zonas de estudio donde han sido aplicados los saberes, conocimientos y ecotecnias, las cuales se han venido implementando a través de la investigación y práctica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, sus cuerpos académicos, investigadores y colaboradores, como lo es el Centro de Investigación en Biodiversidad Alimentación y Cambio Climático (CIBACC) del Instituto de Ciencias (ICUAP).

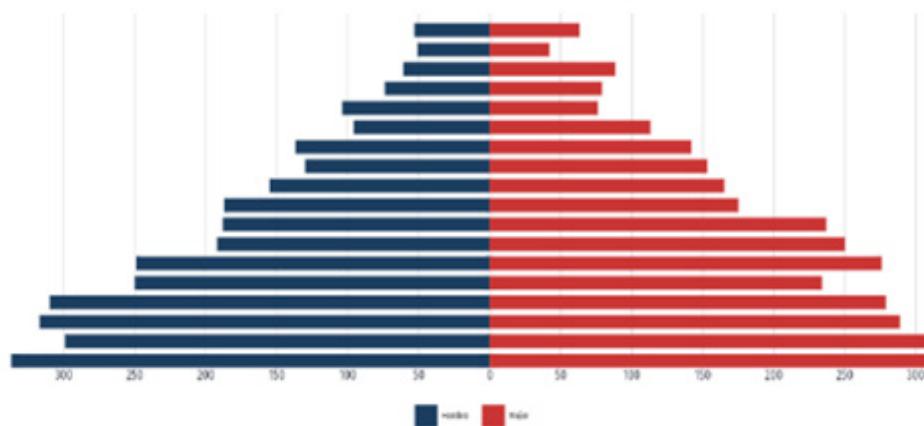
### *Región biocultural del centro de Puebla. El caso de San Bernardino Tepenene*

El municipio de Tzicatlacoyan, ubicado en la región centro de Puebla, tiene una población de 6 mil 476 habitantes, de los cuales 50.7% son mujeres y 49.3% son hombres. Asimismo, la mayor parte de la población (28.8%) se concentra en un rango de edad de 0 a 4 años (647 habitantes), 5 a 9 años (614 habitantes) y 10 a 14 años (606 habitantes).

De igual forma, solo el 0.2% de la población habla alguna lengua indígena (náhuatl, totonaco y popoloca). En cuanto a educación, de la población total, el 46.6% cuenta con nivel de escolaridad primaria, el 30.6% con nivel secundaria y el 20.4% con nivel bachillerato (Data México, 2020a).

### **Gráfica 1**

*Pirámide poblacional total de Tzicatlacoyan, 2020*



Fuente: Data México (2020a).

Por su parte, San Bernardino Tepenene es una de las 12 localidades del municipio, con una población de 890 personas; es decir, 13.74% del total del municipio (Data México, 2020a). Esta localidad no tiene una presencia indígena, debido a que, aunque en el pasado la zona se caracterizaba por la presencia de grupos indígenas náhuatl, estos fueron desplazados durante la época colonial (Pérez et al., 2015).

La ranchería de San Bernardino Tepenene se ubica en las faldas del Tenzo; en este ámbito, el sistema productivo agropecuario y forestal es sumamente frágil: los suelos son de mala calidad y se encuentran sumamente deteriorados, y las precipitaciones son erráticas. Los principales cultivos son el maíz, frijol, haba y calabaza, sembrados generalmente como cultivos múltiples. La ganadería consiste, principalmente, en rebaños de cabras, aunque también hay bovinos y caballos para el trabajo de campo.

La producción y productividad de las actividades agropecuarias son bajas. Las condiciones demográficas, productivas y climáticas ejercen una fuerte presión sobre los recursos, los cuales se encuentran en constante deterioro, limitando la posibilidad de mantener los procesos de producción agropecuarios. Las condiciones de vida son de pobreza extrema, el acceso a servicios en salud, educación, alimentación y vivienda es limitado (INAFED, s.f.).

Uno de los principales aspectos que determinan el nivel de marginación es la seguridad alimentaria, pues en esta ranchería no todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos, que satisfacen sus necesidades

energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana (Cumbre Mundial sobre la Alimentación, 1996).

Los pobladores de esta ranchería son admirables; no obstante, lo difícil de la región, han sabido sobrevivir y con sus conocimientos, aprovechar la riqueza escondida en este ecosistema. Como es el aprovechamiento actual del agave tequilero, con cultivos propios de la zona.

#### *Región biocultural de los tres volcanes. El caso de San Juan Tuxco*

Para apreciar esta importancia, se puede mencionar el caso de la región biocultural de los tres volcanes (Popocatepetl, Iztaccíhuatl y Matlalcueytl), integrada por 42 municipios poblanos y 30 tlaxcaltecas, donde se asientan 211 mil 92 nahuas (7.3% del total nacional), 159 mil 708 poblanos y 51 mil 384 tlaxcaltecas, que comparten un pasado olmeca-xicalanca y tolteca chichimeca.

En cuanto a los rasgos naturales, los volcanes son la base de su territorio, ya que de ellos depende su microclima, bosques y agua, conservados por la lucha constante de sus comunidades, las cuales consideran su tierra y lo que se deriva de ella, no como una mercancía sino como un legado. En este sentido, esta región comprende una forma de propiedad social que consta de 263 ejidos poblanos, 85 ejidos tlaxcaltecas y 25 comunidades poblanas; y un modelo de propiedad privada expresada en pequeñas propiedades campesinas.

Este territorio tiene un vasto potencial: cuenta con pastizal inducido y cobertura boscosa que abarca 19.6%. Además, cobija las zonas urbanas (6.3%) y asentamientos de los núcleos

agrarios (0.03%) del territorio. Según los registros del Sistema de Información Agrícola y Pecuario (2018), para 2003-2017 indican una superficie sembrada promedio anual de 214 mil ha en la que se incluyen alrededor de 7,500 ha de cultivos ciclo otoño-invierno; 14% de suelo arable se deja descansar o son tierras que abandonan la actividad agrícola por pérdida de fertilidad, o porque van al mercado de tierras por la presión hacia uso urbano.

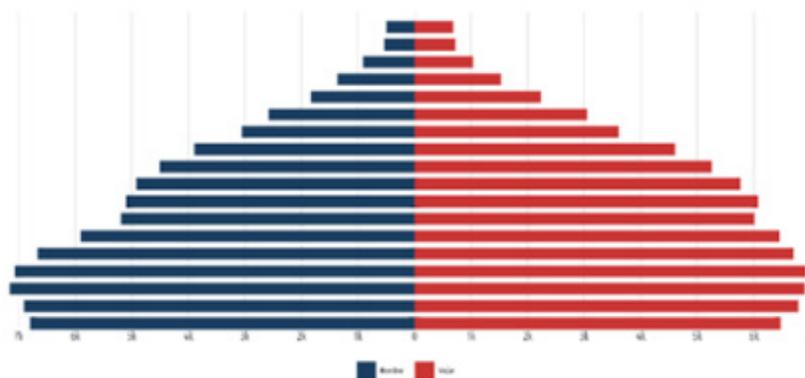
Las actividades agrícolas son sustento socioeconómico para asentamientos bioculturales, obtuvieron en 2017 ingresos por 4 mil millones de pesos; de estos, mil 620 se obtuvieron de agricultura de temporal, de granos (mil 241 mdp), donde destaca el maíz grano con 69%; además, la presencia de 75 cultivos que cubren todos los grupos alimenticios (granos, semillas, cereales, hortalizas, frutas y forrajes para piensos) y flores. El principal cultivo es el maíz, con 37.8% de superficie anual sembrada (120 mil ha), proporción baja al compararla con el promedio estatal de 60.1%, porque por la fertilidad la mayoría de los suelos se puede destinar a cultivos diversos. El frijol y el trigo siguen en superficie sembrada (11 mil y 6 mil ha, respectivamente) e importancia alimentaria; además, hay producción anual de amaranto, cacahuate y semilla de calabaza, productos ancestrales importantes en la dieta de todos.

Frente a este potencial, se han presentado riesgos derivados del cambio climático que afectan la resiliencia de los pueblos y, por lo tanto, pueden afectar a la población en general, estos son: la expansión metropolitana e industrial, los rellenos sanitarios, los rastros, la contaminación de los ríos, el despojo del agua, entre otros. Asimismo, la variabilidad climática ha impactado en la actividad agrícola debido a la presencia de contingencias ambientales como las sequías, inundaciones o heladas. Un reporte de Azuara y Palacios (2018) indica que de 72 municipios que conforman esta región biocultural, seis presentan una mayor exposición al cambio climático: Santa Rita Tlahuapan, Tochimilco, Tepatlaxco y Acajete, de Puebla, y Panotla y San Francisco Tetlanohcan, de Tlaxcala; ubicados en las zonas altas de la región ligadas a los tres volcanes (excepto Panotla).

Ahora bien, la comunidad de San Juan Tuxco pertenece al municipio de San Martín Texmelucan, el cual tiene una población de 155 mil 738 habitantes, de los cuales 51.9% son mujeres y 48.1% son hombres. Asimismo, la mayor parte de la población (26.8%) se concentra en un rango de edad de 10 a 14 años (14,052 habitantes), 15 a 19 años (13,993 habitantes) y 5 a 9 años (13,692 habitantes).

## Gráfica 2

*Pirámide poblacional total de San Martín Texmelucan, 2020*



Fuente: Data México (2020b).

De igual forma, solo el 0.69% de la población habla alguna lengua indígena (náhuatl, totonaco y zapoteco). En cuanto a educación, de la población total: el 24.2% cuenta con nivel de escolaridad primaria, el 30.2% con nivel secundaria, el 22.7% con nivel bachillerato, y licenciatura 13.3% (Data México, 2020b).

Por su parte, San Juan Tuxco es una localidad del municipio de San Martín Texmelucan con un territorio de 700 hectáreas, con una población de 8 mil 270 personas, con una densidad poblacional de 118 habitantes por kilómetro cuadrado, con una edad promedio de 26 años y una escolaridad promedio de 8 años de estudios (Market Data Mexico, 2020).

En términos económicos, los ingresos de la localidad son calculados en 950 millones de pesos, de los cuales 640 millones corresponden a establecimientos de empresas y comercios, y 320 millones a ingresos producidos dentro de los mismos hogares (Market Data Mexico, 2020).

## RESULTADOS

### Ecotecnias en la región central. El caso de San Bernardino Tepenene

Las ecotecnias se determinan conforme a las necesidades de las personas y conforme a los ecosistemas donde viven. En julio de 2012 se llegó a San Bernardino Tepenene, en el municipio de Tzicatlacoyan, con el objetivo de iniciar una investigación sobre el traspatio y la construcción de una propuesta de traspatio sustentable, el panorama en los traspatios, con algunas excepciones, era poco alentador.

Se encontraron pocos traspatios, la mayoría en malas condiciones y sin atención adecuada; inclusive los traspatios atendidos por el PESA-FAO,<sup>5</sup> en su mayoría tenía los invernaderos sin cultivos, llenos de maleza u ocupados como bodegas o área de tendaderos, cosa natural porque las cisternas estaban sin agua y a punto de fracturarse por falta de uso. Este programa construyó 44 cisternas e invernaderos, pero no capacitó a los beneficiados y se fue, esto obligó a que una parte del proyecto universitario fuera el de rehabilitación de invernaderos y cisternas.

La leña era y es utilizada de manera cotidiana en la comunidad para satisfacer necesidades básicas: para cocinar, calentar el agua para bañarse; algunas utilizaban gas, que por el costo era de difícil de obtener. La región cuenta con leña, por lo que los pobladores tienen que desplazarse a un monte para obtenerla y, en caso de no poder ir, se ven en necesidad de comprarla.

En cuestión de impacto a la salud por uso de leña no se tienen datos a nivel comunidad pero sí a nivel municipio; la tabla muestra que la principal causa de mortalidad en el municipio de Tzicatlacoyan son tumores malignos, con una tasa de 141.8 muertes por cada 100 mil habitantes, no se menciona la causa pero estos podrían estar relacionados con el uso frecuente de leña.

En la Gráfica 3 se muestra que el mayor rezago que se presenta en las viviendas del municipio de Tzicatlacoyan es que, para 2015, no cuentan con chimenea para minimizar los impactos a la salud generados por el uso de leña o carbón (60.4%), este municipio en al menos el 50% de las viviendas no cuenta con drenaje, el 40% de las viviendas no cuentan con sanitario.

<sup>5</sup> El Programa especial para la seguridad alimentaria (PESA) tuvo por objeto apoyar a los países de bajos ingresos y con déficit de alimentos (PBIDA) en sus esfuerzos por: mejorar su seguridad alimentaria nacional mediante rápidos aumentos de la productividad y de la producción de alimentos sobre una base económica y ambientalmente sostenible. Esta localidad fue beneficiaria del programa a partir del año 2000, pero no significó beneficios para la población.

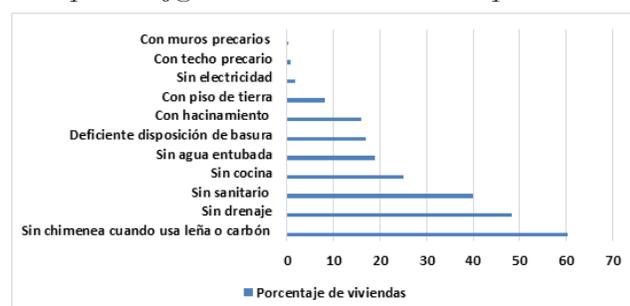
El agua es un recurso importante para la salud y la productividad de una región, pero en esta zona llueve poco, por eso la captación de agua de lluvia que se hacía de manera rudimentaria, era y es una alternativa que beneficia a los pobladores tanto para labores del hogar como para riego de cultivos. En la localidad existe rezago en cuanto al agua entubada y los servicios de disposición de basura aún se encuentran por debajo del porcentaje que se tiene en este sentido en zonas urbanas, por ejemplo, la región socioeconómica IV en la que se encuentra la ciudad de Puebla que cuenta con el 94% de eficiencia en los servicios de recolección, transporte y disposición final (ver Gráfica 3).

Para definir las ecotecnias aplicadas en las zonas de estudio, se parte de un “*posicionamiento epistemológico, el de superar la visión occidental de las ideas de tecnología como instrumento del progreso/ desarrollo, de otra forma no hubiésemos visto las desarrolladas por los habitantes de Tepenené*”.<sup>6</sup> Se busca mostrar los vínculos entre tecnología y sociedad, porque:

Los artefactos median la relación entre los seres humanos y sus mundos de vida y experiencia. Este enfoque en la materialidad de la tecnología, de particular utilidad para la arqueología, se sobrepone a la idea que todo artefacto tiene un guion o libreto inherente, implícito pero

### Gráfica 3

Principales rezagos en las viviendas del municipio, 2015



Fuente: SEDESOL (2016).

significativo, que abarca sus aspectos estéticos, simbólicos e, incluso —o ante todo—, morales. (Herrera, 2011, p. 13)

Con Herrera (2011) se buscan aprovechar las prácticas tradicionales entorno a la materialidad del pasado, en especial el uso productivo intensivo y coordinado de microambientes dispersos que tanto asombró a los primeros europeos como una fuente de inspiración.

En 2012, el trabajo comenzó con una familia, que sirvió de ejemplo de lo que se podía hacer en conjunto, y para 2019 ya se contaba con 18 familias. Por lo anterior, cuatro fueron las ecotecnias introducidas en la totalidad de los traspatios (invernadero, cisterna, captura de agua y riego por goteo) (ver Tabla 1), y en una familia se incorporaron todas las descritas (ver Figura 1). Parte de esta información se presentó a SEMARNAT en el informe técnico de 2017 (Pérez et al., 2017).

De manera parcial, y dependiendo del financiamiento obtenido, en 12 traspatios más se rehabilitaron cisternas e invernaderos, sistemas de captura de agua y riego por goteo. Asimismo, se construyeron nuevas cisternas y nuevos invernaderos. Este conjunto de ecotecnias benefició a 13 familias en sus respectivos traspatios (ver Tabla 2).

### Figura 1

Traspatio de la familia Mata Camargo

Familias	Vista general del traspatio	Interior de uno de los invernaderos
Familia Mata Camargo		
Familia Burgos García		

Fuente: elaboración propia.

<sup>6</sup> Comunicación verbal del Dr. Benjamín Ortiz Espejel, integrante del CIBACC.

**Tabla 1***Ecotecnias incorporadas en el traspatio inicial de la familia Mata Camargo*

<b>Ecotecnias incorporadas</b>	<b>Número</b>
1. Invernadero	Tres
2. Cisterna	Dos
3. Riego por goteo para invernadero	Tres
4. Captura de agua en techo de vivienda	Uno
5. Gallinero con área para pastoreo	Uno
6. Arreglo de jardín de plantas medicinales, frutales y ornamentales	Una vez
7. Indicaciones para linderos vivos	Una vez
8. Depósito para la producción de composta	Uno
9. Estufa ahorradora de leña	Una
10. Arreglo de cocina rústica	Una
11. Aula campesina para impartición de talleres	Una
12. Baño seco	Uno
13. Lámpara con celda solar para iluminar el traspatio	Una

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2***Traspatios e invernaderos habilitados y rehabilitados en traspatios de los participantes en el proyecto, incluyen rehabilitación de cisterna o nueva cisterna*

<b>Nombre del dueño del traspatio</b>	<b>Invernaderos</b>	
	<b>Rehabilitado</b>	<b>Nuevo</b>
1. Paz Rojas Clementina y Eleazar Burgos	No hay	Uno sólo
2. Ángel Burgos R. con Arcelia Burgos y Teresa Rodríguez (*)	No hay	Uno con tres invernaderos
3. Ángel Burgos R. con Teresa Rodríguez	Dos rehabilitados en casa de Don Nicandro	
4. Burgos Rodríguez Miriam y René García (*)	No hay	Uno sólo
5. Burgos Ramírez Isabel	No hay	Uno sólo
6. Mata Camargo Daniel y Luisa García	Un invernadero original	Uno con dos invernaderos
7. Burgos Rodríguez René y Marcela Muñoz	Un rehabilitado	Uno con dos invernaderos
8. María Magdalena y Raymundo Burgos	No hay	Uno sólo
9. Víctor García B. y Florencia Niño (*)	Un rehabilitado	Uno con dos invernaderos
10. Burgos Anaya Enedina	Un rehabilitado	Uno sólo
11. Muñoz Muñoz Rufina	Un rehabilitado	Uno sólo
12. García Burgos Margarita	Un rehabilitado	Uno sólo
13. Elvira Niño Muñoz y Gaudencio García	No hay	Uno sólo
(En total 10 traspatios porque el 1, 3 y 7 están en un solo traspatio)	7 más uno original en cuadro 1	17 nuevos
17 nuevos más 7 rehabilitados= 24 invernaderos		

Nota: Los asteriscos indican los traspatios en que se han introducido ecotecnias por iniciativa de los participantes en el proyecto.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, y gracias a lo aplicado en la zona, se presentan algunos logros en los traspacios campesinos:

**Ecológicos:** aprovechamiento y conservación de especies vegetales in situ por medio de linderos vivos, estableciendo una reserva genética en los traspacios; aprovechamiento y conservación de recursos genéticos animales, en especial de pequeñas especies, gallinas criollas y guajolotes, mediante la construcción de un gallinero con corral para pastoreo; construcción de un depósito para la producción de composta para la restauración de suelos del traspatio, con posibilidad de extenderse a la parcela; construcción de un invernadero y su sistema de riego por goteo para la producción de hortalizas; construcción de una cisterna para almacenar agua; y un sistema de captura de agua para aprovechar la reducida precipitación pluvial para el llenado de la cisterna.

**Económicos:** producción de alimentos para complementar la dieta familiar y producción de medicinas vegetales para favorecer la salud de los integrantes de la familia; producción en pequeño de lombricomposta, aún insuficiente para las necesidades del traspatio; capacitación de mano de obra, mediante transferencia de tecnología y socialización de los saberes campesinos y; generación de ingresos y ciertas actividades que dan días de empleo a la esposa, con el fin de mostrar que se puede disminuir la migración con sus impactos negativos.

**Sociales:** conservación de conocimientos y difusión de los mismos; procesos para el fortalecimiento cultural, ya que el traspatio campesino permite fortalecer los lazos de identidad, culturales y familiares; generación de una

identidad campesina propia de las zonas semiáridas de la mixteca poblana y; educación ambiental de los propios habitantes para el aprovechamiento de todos los elementos del traspatio contemplados en este proyecto.

Por el lado académico, el proyecto a través de la producción científica de los investigadores y de sus estudiantes colaboradores permitió la publicación de: artículos, libros, capítulos de libros, ponencias, reportes de estancia de investigación, servicio social y tesis de grado y posgrado.

Al final de la tercera etapa, se evaluó el uso de las ecotecnias, traspatio, aunque la totalidad de ellos fue resultado de las familias involucradas. Con base en la observación y las entrevistas, se obtuvieron los siguientes porcentajes de uso adecuado: traspatio propio 60%, cisterna y captura de agua 90%, e invernaderos y riego por goteo 90%. Estos porcentajes sugirieron diferencias en la conservación del diseño tecnológico; no obstante, este elemento por sí solo no evidencia el mayor uso cotidiano, sino solo representa la forma en que se utiliza.

### **Ecotecnias en la región biocultural de los Tres Volcanes. El caso de San Juan Tuxco**

La ecotecnia más estudiada por el CIBACC, en colaboración con el Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan (ITSSMT) en San Juan Tuxco, ha sido el baño seco, una ecotecnia que permite separar la orina y heces para su tratamiento posterior para la eliminación de microorganismos patógenos (Maurer, Pronk y Larsen, 2006), permitiendo el ahorro de agua, la disminución de contaminación derivada de las

excretas humanas, pudiendo adicionar orina y heces tratadas como fertilizantes alternativos en cultivos.

En el año de 2017, años después de las experiencias en la construcción de diversas ecotecnias en Tepenene, descritas anteriormente, se instaló un baño seco en San Juan Tuxco, en el mismo espacio que ocupaba un baño convencional de flujo y descarga (ver Figura 2). Este sanitario consta de una taza separadora de orina y heces colocada sobre una base de cemento. La recolección de heces se hace debajo de la base de cemento en la parte trasera de la taza separadora, después de la defecación se agregan alrededor de 200 ml de una mezcla sanitizante recomendada compuesta de 4 partes de tierra, 2 de aserrín y 1 de cal.

La recolección de orina se hace debajo de la base de cemento en la parte delantera de la taza separadora, la orina es dirigida hacia un garrafón de 19 litros. Las heces del baño seco se almacenan en depósitos construidos de block y cemento

en la misma vivienda cuyas dimensiones son de 130x80x80 cm, cubiertos con una lámina metálica de color negro, con respiraderos para la evaporación de humedad contenida en las heces (ver Figura 2).

Como resultado del uso de esta ecotecnia, se han podido realizar trabajos de investigación como: monitoreo microbiológico de patógenos durante el secado de heces, identificación de patógenos en orina almacenada y aplicación de orina humana como fertilizante en cultivos; enseguida se describen brevemente los resultados encontrados en las investigaciones.

De 2017 a 2018, se realizó el monitoreo microbiológico de coliformes fecales, coliformes totales y E.coli presentes en heces encontrando valores iniciales para coliformes totales y E.coli de >1100 NMP/g y de 0 a la semana 46 de tratamiento; para el caso de coliformes fecales el valor de 0 NMP/g se encontró a la semana 61 de tratamiento (ver Tabla 3).

## Figura 2

*Baño seco y depósito de heces recolectadas para su secado, construidas en San Juan Tuxco*



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3**

*Monitoreo de coliformes totales, fecales, Escherichia coli en heces tratadas de baño seco en San Juan Tuxco*

	<b>Coliformes totales (NMP/G)</b>	<b>Coliformes fecales (NMP/G)</b>	<b>Escherichia coli. (NMP/G)</b>
Inicio	>1100	>1100	>1100
Semana 2	>1100	>1100	>1100
Semana 3	>1100	>1100	>1100
Semana 4	>1100	>1100	>1100
Semana 6	>1100	>1100	>1100
Semana 7	>1100	1100	1100
Semana 8	>1100	1100	460
Semana 9	1100	460	210
Semana 11	460	460	210
Semana 16	460	20	14
Semana 46	0	3.6	0
Semana 61	0	0	0

Fuente: elaboración propia, con base en Xicali (2018).

Se llevó a cabo la identificación de Salmonella spp, este patógeno se identificó desde la semana 1, logrando inhibir su crecimiento a partir de la semana 7 y no encontrándolo en semanas subsecuentes. Se determinó la presencia de huevos de Helmintos en las muestras sin resultados positivos a huevecillos de Ascaris en heces tratadas. Con estos estudios se concluyó que las heces de baño seco serían seguras microbiológicamente y podrían recomendarse a agricultores para poder usarse como posible fertilizante en cultivos, si son tratadas mediante secado cuidando parámetros como el pH, temperatura, tiempo de secado y cantidad de cal añadida al material sanitizante.

En 2018, se realizó en el CIBACC la identificación de patógenos en orina del baño seco para conocer si podría ser segura

microbiológicamente y recomendarse como posible fertilizante en cultivos. Los valores obtenidos del conteo de microorganismos (ver Tabla 4) fueron estudiados según las normas mexicanas (NOM-230-SSA1-2002 y NOM-112-SSA1-1994) en el ámbito de salud ambiental, agua para uso y consumo humano, así como en los requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, el procedimiento sanitario para el muestreo y conteo de coliformes (Secretaría de Salud, 1994; 2002).

**Tabla 4**

*Resultados de análisis microbiológico de orina tratada de baño seco en San Juan Tuxco durante un periodo  $\geq 6$  meses*

<b>Número de muestra</b>	<b>Índice del NMP/100 ML y límites de confianza 95%</b>
1	$\leq 1$
2	$\leq 1$
3	$\leq 1$

Fuente: elaboración propia.

Los valores indican una concentración prácticamente nula, ya que el valor  $\leq 1$  se emplea como por debajo de riesgo sanitario para coliformes (NOM-112-SSA1-1994). En conclusión, la orina es segura microbiológicamente y puede recomendarse a agricultores como fertilizante en cultivos, tratándola mediante almacenamiento en un tiempo  $\geq 6$  meses bajo sombra y a temperatura ambiente. De 2019 a la fecha se han realizado estudios de fertilización con orina humana tratada en baño seco de San Juan Tuxco y de San Bernardino Tepehene a cultivos de betabel, lechuga, cilantro, brócoli y maíz (ver Tabla 5).

**Tabla 5**

*Resultados de dosis recomendadas para adicionar orina tratada de baño seco en San Juan Tuxco y San Bernardino Tepehene en cultivos estudiados por CIBACC*

<b>Cultivo estudiado</b>	<b>Dosis de nitrógeno (Kg N/ha) en orina humana recomendada</b>	<b>Litros por planta</b>
Betabel*	120	0.17
Lechuga*	132	0.18
Cilantro**	150	0.09
Brócoli***	240	0.16
Maíz****	400	1.74

Fuente: Chávez (2019), Solís (2021), Palma (2022) y Romero (2024).

Para el caso del betabel y lechuga, la aplicación de dosis de 120 y 132 kg N/ha resultó más eficaz en la producción de peso fresco y peso seco de estas hortalizas, en comparación a otros tratamientos del mismo estudio (Chávez, 2019), pudiendo sugerir estas dosis para la fertilización (ver Figura 3).

Para el cilantro, la aplicación de dosis de 150 kg N/ha es la que dio los mejores resultados en la altura y producción de peso fresco y peso seco, en comparación con otros tratamientos en el mismo trabajo (Solís, 2021), pudiendo sugerir estas dosis para la fertilización (ver Figura 4).

En el caso del brócoli (Palma et al., 2022), se tuvo que la dosis recomendada fue la de 240 kg N/ha con la que se obtuvo el mejor rendimiento de peso de brócoli total, en comparación con otros tratamientos realizados en el mismo experimento (ver Figura 5).

**Figura 3**

*Hortalizas de betabel y lechuga fertilizadas con orina obtenida de la ecotecnia del baño seco*



Fuente: elaboración propia.

**Figura 4**

*Cilantro fertilizado con orina obtenida de la ecotecnia del baño seco en diferentes tratamientos*



Fuente: elaboración propia.

**Figura 5**

*Experimento de brócoli fertilizado con orina obtenida de la ecotecnia del baño seco*



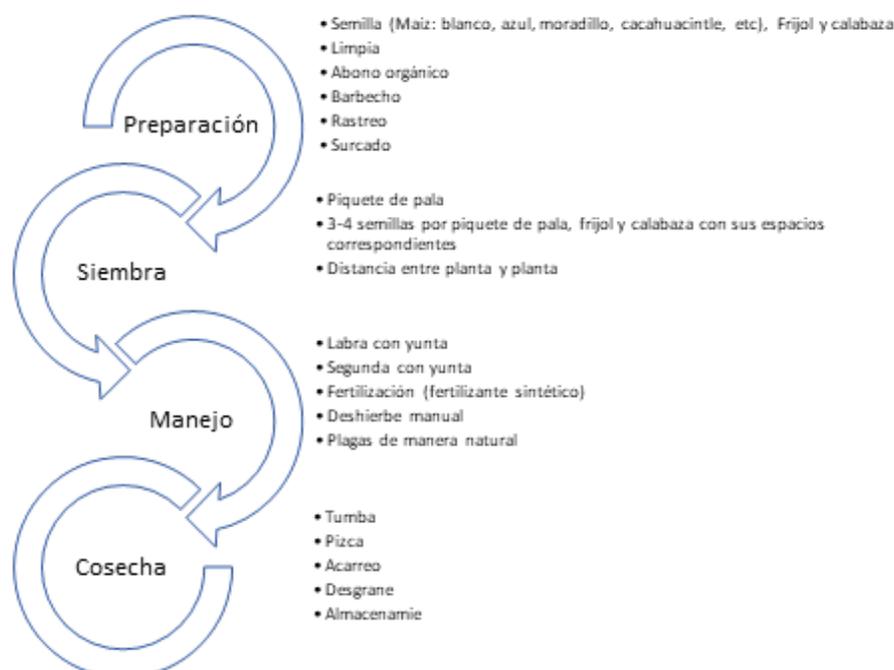
Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en el caso de la fertilización de maíz en San Juan Tuxco, se tiene un trabajo en proceso (Romero, 2024), en el que de acuerdo con los resultados, se recomienda una dosis de 600 kg N/ha para variables como peso fresco, seco y diámetro de tallo, comparado con otros tratamientos realizados hasta el momento (ver Figura 6).

En el trabajo de Romero (2024), también se han logrado identificar actividades importantes en el modo de producción campesino de maíz criollo, realizadas en las etapas de preparación, siembra, manejo y cosecha de maíz (ver Figura 7).

**Figura 6**

*Diagrama del modo de producción campesina de maíz en la localidad de San Juan Tuxco*



Fuente: elaboración propia.

**Figura 7***Diferentes actividades del modo de producción de maíz criollo en la localidad de San Juan Tuxco*

32

Fuente: elaboración propia.

En este escenario, se ha observado un desplazamiento de los valores y saberes de producción campesina del maíz, que al ser rescatados podrían ser la respuesta a la pérdida de diversidad (Romero, 2024).

**CONCLUSIÓN**

Frente al modelo capitalista de producción, hay alternativas de adaptabilidad con las ecotecnias, entendidas como los instrumentos desarrollados para aprovechar eficientemente los recursos naturales y materiales, permitiendo la elaboración de productos y servicios sostenibles en la vida diaria. Algunas de estas ecotecnias son las estufas ahorradoras de leña, las cisternas de ferrocemento

para cosecha de agua de lluvia, paneles solares, baños secos, huertos y corrales de traspatio.

La estufa ahorradora de leña es un dispositivo que permite preparar los alimentos, calentar agua, optimizar el consumo de leña al generarse una adecuada combustión. La cisterna de ferrocemento es una estructura cilíndrica que sirve para almacenar agua de lluvia, utilizando el techo de la casa como área de captación, la cual permite conservar el agua fresca y disponible para las actividades del hogar. Los huertos y corrales de traspatio constan de un espacio de terreno llamado cama biointensiva para el cultivo de hortalizas y cercado con techo para proteger a los animales de las inclemencias del tiempo; los huertos proporcionan vegetales

nutritivos, fortaleciendo el suelo con la adición de composta, no se usan plaguicidas ni fertilizantes sintéticos.

Los paneles solares son células fotovoltaicas (PV), que transforman la luz solar en electricidad de corriente continua (DC). Este dispositivo es el que convierte la electricidad generada en electricidad de corriente alterna (AC); para generar calefacción, cocción, iluminación o bombeo de agua en el traspatio, sin la necesidad de requerir algún proceso de combustión en el que se generen gases de efecto invernadero.

Asimismo, se pueden mencionar los aportes desde la academia para estudiar y proponer el funcionamiento de estas ecotecnias en comunidades, como el caso de San Bernardino Tepenene, Tzicatlacoyan, Puebla, donde el Centro de Investigación en Biodiversidad, Alimentación y Cambio Climático (CIBACC) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ha trabajado y colaborado. Por ejemplo, el uso de baños secos construidos con una taza que recolecta en la parte frontal la orina y en la parte posterior heces separadas, que se dirigen a una cámara de almacenamiento en la que se realiza el proceso de deshidratación por medio de material sanitizante compuesto por aserrín, ceniza, cal o tierra, que se agrega después de cada defecación.

Después de un año, las heces deshidratadas pueden adicionarse a los huertos del traspatio mejorando las propiedades físicas del suelo como fertilizante para cultivos, debiendo evaluarse la posible presencia de patógenos antes de su uso. En el caso de la orina recolectada, la urea contenida en la orina se transforma en amoníaco generando un pH básico que elimina posibles patógenos, para que transcurridos seis meses de almacenamiento pueda aprovecharse como fertilizante natural efectivo de manera diluida.

De esta forma, los saberes, modelos de producción tradicionales y ecotecnias desarrolladas por los pueblos indígenas y las comunidades campesinas, se posicionan como alternativa viable al sistema de producción capitalista para mitigar los efectos del cambio climático y promover la resiliencia de los sistemas alimentarios, la conservación de la biocultura y fortaleciendo la noción de viabilidad de una respuesta real frente al modelo neoliberal y sus estragos en los ecosistemas y la soberanía alimentaria.

## REFERENCIAS

- Azuara, G. y Palacios, E. (2018). *Colección de Información de Exposición al Cambio Climático de los Complejos Bioculturales de México. Laboratorio de procesamiento geoinformático DIBACC-ICUAP, Nodo Puebla-Centro de la RPBM*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Chávez C., J. A. (2019). *Análisis y optimización en un sistema de fertilización de hortalizas. Tesis de Maestría en Ciencias Matemáticas*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Cumbre Mundial sobre la Alimentación (1996). *¿Qué es la seguridad alimentaria?* <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/brief/food-security-update/what-is-food-security>
- Data México (2020a). *Datos por municipio. Tzicatlacoyan*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/tzicatlacoyan#economy>
- \_\_\_\_\_ (2020b). *Datos por municipio. San Martín Texmelucan*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/san-martin-texmelucan?redirect=true>

- Herrera Wassilowsky, A. (2011). *La recuperación de tecnologías indígenas. Arqueología, tecnología y desarrollo en los andes*. IEP, Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Sociales/CLACSO/Centro de Investigación Andina. <http://bvsde.org.ni/clacso/publicaciones/Recuperaciondetecnologias.pdf>
- Inafed (s.f.). *Los niños, las familias y las comunidades son esenciales para la erradicación de la pobreza*. <https://www.gob.mx/inafed/articulos/los-ninos-las-familias-y-las-comunidades-son-esenciales-para-la-erradicacion-de-la-pobreza>
- Market Data Mexico (2020). *Colonia San Juan Tuxco, San Martín Texmelucan, Puebla*. <https://www.marketdatamexico.com/es/article/Colonia-San-Juan-Tuxco-San-Martin-Texmelucan-Puebla>
- Maurer, M., Pronk, W. y Larsen, T. A. (2006). *Treatment processes for source-separated urine. Water Research*. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.07.012>
- Palma H., A., Díaz C., E., Romero G., S., Mora R., M. A. y Alcántara F., J. L. (2022). *Fertilización de brócoli con orina humana obtenida de sanitario ecológico seco con separación de orina*. Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla.
- Pérez Avilés, R., Huerta Lara, M., Barreiro Zamorano, S., Silva, S. y Santos Hernández, J. (2015). *Traspatio campesino sustentable. San Bernardino Tepenene, Tzicatlacoyan, Puebla*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <file:///C:/Users/Ricardo/Downloads/TraspatiocampesinoSustentable.pdf>
- Pérez Avilés, R., Huerta Lara, M., Barreiro Zamorano, S. y Alcántara Flores, J. (2017). *Informe Traspatio campesino sustentable en el ejido de Tepenene del municipio de Tzicatlacoyan, Puebla*. SEMARNAT.
- Romero G. S. (2024). *Orina humana como fuente de fertilizante natural alternativo en el cultivo de maíz blanco y forma de producción campesina en San Juan Tuxco Texmelucan, Puebla*. Centro de Investigación en Genética y Ambiente/ Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Secretaría de Salud (1994). *NORMA Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable*. Secretaría de Salud.
- \_\_\_\_\_(2002). *NORMA Oficial Mexicana 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*. Secretaría de Salud.
- Sedesol (2016). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago*. <https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/informe-anual-sobre-la-situacion-de-pobreza-y-rezago-social-19894>
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP) (2018). *Estadística de la producción agrícola años 2003 a 2017. Datos planos*. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- Solís M., J. (2021). *Evaluación de la fertilización a base de orina humana desinfectada en el crecimiento de cilantro (Coriandrum sativum L.) en San Bernardino Tepenene, Puebla*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Xicali N., J. R. (2018). *Monitoreo de coliformes fecales e identificación de Salmonella spp. y de huevos de Helmintos en residuos sólidos provenientes de sanitarios secos con separación de orina situados en San Martín Texmelucan, Puebla y San Bernardino Tepenene, Puebla*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.