

# EDUCACIÓN AMBIENTAL SOBRE EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN PUERTO ÁNGEL, OAXACA

*Luz Dehni Acosta Moyado<sup>1</sup>*

## RESUMEN

El presente trabajo es el resultado de una investigación realizada en la localidad de Puerto Ángel, Oaxaca durante 2015 y 2017, sobre su educación ambiental en el tratamiento de las aguas residuales. Se observó directamente la contaminación marina generada por: la descarga de aguas residuales sin tratamiento previo (mala construcción de sus fosas sépticas y paros constantes de la planta de lodos activados); así como el mal olor en ciertos puntos de la bahía donde se estancan las aguas negras que salen del drenaje sin mantenimiento. Aunado a ello, las respuestas obtenidas del curso impartido por el Consejo Técnico Estatal de Cambio Climático de Oaxaca sobre vulnerabilidad y riesgo, destacan que la falta de tratamiento de las aguas residuales es la principal afectación ambiental en la zona y uno de los principales factores que se atribuyen a estas condiciones en la localidad es su deficiente nivel de educación ambiental.

Por tanto, esta investigación tiene por objetivo hacer un monitoreo al sistema implementado e impartir una serie de talleres, en los que las personas aprendieran sobre el tratamiento de las aguas residuales, su impacto local y global; y el uso de digestores anaerobios adecuados a la zona, en los hogares de los usuarios interesados. Como resultado de la percepción de la educación ambiental, se encontró que el único factor incidente en corregir el problema de las aguas residuales es la baja disposición para el cambio de hábitos por parte de los porteños.

Conceptos clave: Educación Ambiental, Tratamiento de aguas residuales, Biodigestores

---

<sup>1</sup> Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Universidad del Mar, v.erdehni@gmail.com.

## **INTRODUCCIÓN**

En México, este año se ha alcanzado una población aproximada de 129,678,021 millones (UN, 2017), lo cual conlleva a una mayor demanda de recursos, principalmente del agua, ya que ésta es necesaria no sólo para el consumo humano, sino para el uso en procesos de producción de los insumos básicos, por ejemplo, se destina el 77% del agua potable a la agricultura (INEGI, 2011); se requiere 5% de este recurso en la industria eléctrica para abastecer el consumo de energía (INEGI, 2011); así, múltiples ejemplos pueden ser citados.

Por lo anterior, el agua es contaminada con altas cargas de materia orgánica, metales pesados, organismos patógenos, fármacos, insecticidas, productos derivados del petróleo, etc.; y la contaminación se da a nivel doméstico, municipal e industrial. Esto, aunado al continuo y acelerado cambio climático que ha tenido como consecuencias alteraciones en el ciclo hidrológico alargando los períodos de sequía o de lluvias torrenciales, denota cada vez más el problema de abastecimiento de agua potable en las comunidades rurales, y muy pronto en grandes ciudades.

Entonces, se hace necesaria la propuesta de soluciones que ayuden a cerrar el ciclo hídrico a nivel local, es decir, el tratamiento de las aguas residuales para su reutilización, por ejemplo, en huertos comunitarios o incluso hasta su potabilización. Dependerá, en parte, del nivel tecnológico y la capacidad de inversión económica de cada localidad.

Si hablamos de Puerto Ángel, agencia costera perteneciente al municipio de San Pedro Pochutla, en el estado de Oaxaca; el cual cuenta con una población de 2,645 (INEGI, 2013), se reporta que del 2005 al 2010 el porcentaje de viviendas particulares habitadas sin agua entubada creció de 5.94 a 15.10, lo cual puede indicar un desabastecimiento de agua por parte de las autoridades correspondientes y por ende la falta de tratamiento, ya que no se disponen

en la planta de lodos activados con la que cuenta; y, también quiere decir que hay mayor uso de agua de pozo.

Esta localidad, tiene sus orígenes como un pequeño muelle de rocas desde poco antes de 1850, tuvo un auge comercial a partir de 1870 con la construcción del puerto, ya que era una de las rutas principales de intercambio de bienes (principalmente café y madera) en el extranjero y una fuente de empleo para los locales, así como un desarrollo económico para el estado (SEMAR, s.f.). Puerto Ángel fue uno de los puertos más importantes hasta los 30's, cuando se construyeron otras rutas de comunicación como el ferrocarril de la ciudad de Oaxaca hasta Salina Cruz. Fue a partir de entonces que los pobladores dedicados al comercio se destinaron a la pesca y al turismo, en los años 60's con la construcción de la 175 hubo un aumento en la visita de este Puerto, sin embargo, por cuestiones sociales cuando FONATUR quiso invertir como en el caso de Bahías de Huatulco, la población se cerró y dijo que no, se desconocen las causas del por qué. Aun así, se construyó un andador turístico y en 1999 por el huracán Paulina se hizo una reconstrucción del muelle, aunque éste quedó demasiado alto para el arribe de las embarcaciones (SEMAR, s.f.).

Esta investigación nace en el 2015 motivada de la observación directa sobre la contaminación de la bahía debido a las descargas de aguas residuales sin tratamiento previo, la mala construcción de sus fosas sépticas y los paros constantes de la planta de lodos activados, el combustible vertido de las lanchas de los pescadores, las vísceras de pescado arrojadas directamente al mar, el mal olor en ciertos puntos de la playa donde se estancan las aguas negras que salen del drenaje sin mantenimiento, los residuos sólidos que llegan en temporada de lluvias; además de otros problemas ambientales como caminar entre desechos mal depositados, ver cuando se arrojan al suelo o las nubes de humo cuando se queman al aire libre y sin vigilancia. Incentivando a pensar en la falta o nula educación en materia ambiental de

la población y las causas de la misma, aun cuando los niños comenten las enseñanzas recibidas en sus escuelas sobre el cuidado del medio ambiente.

Por lo anterior, en una primera etapa se tuvo el objetivo de conocer la percepción de la población de Puerto Ángel sobre su nivel y necesidad de educación ambiental para poder proponer acciones que permitan alcanzar el desarrollo sustentable (Acosta, 2015). A través de encuestar a 208 personas pertenecientes a 15 de los 18 barrios de la comunidad, al autoevaluar su nivel de educación ambiental el 44% considera que es deficiente, el 33% regular y el 23% nulo; de los factores que influyen en dicha percepción el 38% considera que no existe el trabajo conjunto por parte de la población, gobierno y academia, y es lo primero que se tiene que corregir para poder iniciar un proyecto de educación ambiental, pues unos proporcionan los conocimientos, otros la gestión y el resto la acción.

El 21% admite que si en primera instancia no se tiene la disposición a cambiar de hábitos negativos que impacten en el medio ambiente, por más que se tenga el conocimiento no lo aplicará; el 17% dice que para iniciar los proyectos es necesario contar con una infraestructura dentro de cada barrio para dar los talleres; el 11% menciona que si no se aplican las estrategias de enseñanza-aprendizaje adecuadas por parte de los educadores el saber hacer nunca se logrará; y, el 9% afirma que si no se cuenta con toda la información sobre los problemas ambientales que afecten a la comunidad no se dará una sensibilización que permita ese cambio de hábitos, si la población ignora los procesos naturales que se llevan a cabo en su entorno sistémico nunca entenderá por qué es contraproducente contaminar su ambiente.

En el mismo año, independiente de la investigación mencionada, el Consejo Técnico Estatal de Cambio Climático de Oaxaca (CTECC) llevó a cabo en la región Costa, una serie de talleres sobre vulnerabilidad y riesgo; y, específicamente en Puerto Ángel se determinó que el principal

problema ambiental son las aguas residuales y su falta de tratamiento, esto se respalda con estudios previos realizados por la UMAR (Huante, 1997; González, 2010). Como producto del taller la población optó por la implementación de biodigestores prefabricados circulares; cabe destacar que los tanques sépticos (fosas sépticas) son propiamente biodigestores, sin embargo, dentro de la comunidad se tiene una mala construcción de ellos.

En el 2014, una investigación realizada por docentes de la Universidad del Mar, sobre el diagnóstico de la calidad de agua de cinco pozos de Puerto Ángel (Martínez et al, 2013), dio como resultados que se encontraron altos valores de la concentración de coliformes totales y fecales en todos los pozos, tanto en época de lluvias como de estiaje, atribuyéndose “a la filtración de bacterias proveniente de las descargas de aguas residuales ya sean directas o a través de fosas sépticas, lo cual se agrava por la falta de drenaje en la zona, además de la mala ubicación y construcción de los pozos”.

A raíz de las reuniones convocadas por el CTECC, se conformó bajo la Ley de Cambio Climático del Estado de Oaxaca, el Consejo Técnico Consultivo de Mitigación de Cambio Climático del Municipio de San Pedro Pochutla (CTCC Pochutla), cuyo principal objetivo es la concientización a cerca de las actividades locales y su impacto a nivel global como el cambio climático, por lo que lleva a cabo distintas tareas para lograrlo, una de ellas es el proyecto de biodigestores para el tratamiento de las aguas residuales aunado a una serie de talleres de educación ambiental, siendo Puerto Ángel la localidad piloto para su implementación. De este proyecto, la autora de esta investigación es la responsable técnico por ser miembro del consejo, capacitada para proponer una red de construcción de biodigestores bajo los fundamentos de la teoría de los reactores y biorreactores, además de diseñar los talleres con la información necesaria para que la población comprenda los principios del ciclo hidrológico y los sistemas de tratamiento de agua residual que existen en su localidad.

Por estar conformados bajo la Ley y respaldados por el municipio, se corrige la situación de la falta de trabajo en conjunto con la población, el gobierno y la academia, ya que en el proyecto se tiene participación de los tres sectores; se selecciona el barrio de Chico Zapote para monitorear el biodigestor instalado y dar los talleres de educación ambiental; se aplican cuestionarios para conocer la forma de aprendizaje de los locales y poder orientar las estrategias de enseñanza-aprendizaje dentro de los talleres, así como abarcar la información necesaria que ayuda a la comprensión de los problemas locales y su impacto económico, social y ambiental, lo único que no se puede corregir, sino a través de distintos incentivos, es la disposición de cambio de hábitos por parte de los porteños.

Por ello se plantea la hipótesis que, si a la población se le enseña la teoría sobre la digestión anaerobia y se le guía en la experiencia de utilizar un biodigestor, estará interesado en adoptar la tecnología para el tratamiento de sus aguas residuales e instalarlo en su hogar.

Es por lo que se menciona, que esta investigación tuvo como objetivo principal, generar una propuesta sobre el uso de sistemas anaerobios (fosas sépticas) como alternativa al problema de aguas residuales en Puerto Ángel.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología adoptada para esta segunda etapa de la investigación tuvo un enfoque mixto, es decir cuantitativo, ya que la propuesta de la red se ha hecho bajo los criterios de la teoría de reactores y biorreactores, así como la medición de los conocimientos de los pobladores sobre los sistemas de tratamiento de las aguas residuales y su impacto a nivel local; y, cualitativo, porque se conoció el interés de las personas por adquirir el conocimiento y la implementación de los biodigestores en su hogar.

En un principio se pretendió dar un monitoreo al biodigestor instalado por parte del CTECC, para conocer la eficiencia del reactor, evaluando los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, conductividad, DQO y coliformes totales y fecales; con el fin de hacer una correlación sobre su funcionamiento y el uso dado por los usuarios del barrio.

Para conocer el interés de las personas se utilizaron distintos instrumentos: una encuesta levantada sobre el uso de los biodigestores, el tratamiento de las aguas residuales y el cambio climático, como también se cuestionaron los motivos de participar en los talleres de educación ambiental sobre el tratamiento biológico de las aguas residuales, programados de enero a junio; entrevistas a la población sobre su interés en utilizar el biodigestor implementado en su barrio; y, el análisis discursivo de los cuestionados. Dentro de la misma encuesta se conoció el tiempo de residencia en el barrio para relacionarlo con su nivel de asistencia al convocarlos a los talleres. También el método de aprendizaje por el cual aprendieron su oficio y lo que consideran su prioridad en la vida para incluir y orientar la información dada en los talleres.

Se impartió un taller sobre las bases teóricas y el funcionamiento de los digestores anaerobios. Así, como se prepararon las cartas descriptivas y su contenido sobre los talleres que se deberían de impartir a la población para que se corrija o refuerce el conocimiento sobre el tratamiento de las aguas residuales y sus afectaciones locales directas por la falta de ello.

Se redactó la propuesta del proyecto ejecutivo del diseño de la red de biodigestores, el cual se entregó a las autoridades locales junto con la impartición de un taller sobre la teoría del tratamiento biológico de las aguas residuales en Puerto Ángel, ya que es importante que los representantes de la población conozcan estas bases para la toma de decisiones adecuadas. Además, se entregó al Comité Técnico Estatal de Oaxaca como uno de los productos de las actividades del plan del Consejo Técnico Consultivo de Mitigación del Municipio de San Pedro Pochutla.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Por falta de interés de las personas del barrio Chico Zapote, en utilizar el biodigestor implementado, no fue posible hacer el monitoreo ya que nunca se le dio uso. Si se hubiese observado un correcto rendimiento del sistema, es decir que el agua tratada cumpliera con las normas oficiales mexicanas (NOM-001-SEMARNAT-1996; NOM-004-SEMARNAT-2002), éste habría sido el propuesto para el diseño de la red de digestores anaerobios en el barrio. A su vez, el ingeniero que diseñó el sistema nunca compartió la memoria de cálculo que debería contener los criterios de diseño y la justificación del mismo, por ello no se propuso este sistema para replicarse en la propuesta de la red.

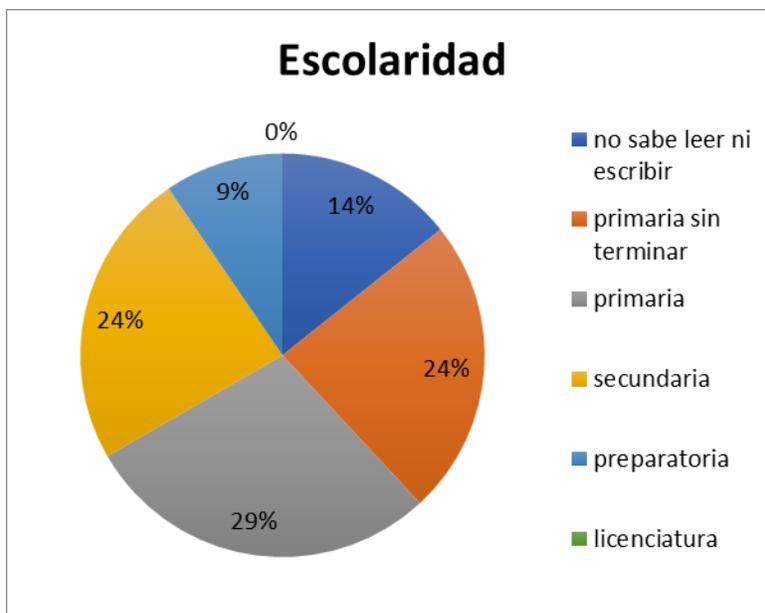
Una de las discusiones que se tuvo en enero con el primer jefe de barrio fue que, si no estaban dispuestos a utilizarlo, entonces se cambiaría de barrio, sin embargo, las personas dijeron hostilmente que, aunque no se le diera uso, les pertenecía y en ese momento se comprometieron a ocuparlo, pero, la excusa principal que comentaron en los meses posteriores fue que no había un sistema de abastecimiento de agua (tinaco o cisterna) para el baño, y por último el ciclo de tormentas ocurridas a partir del mes de junio dieron parteaguas a la aceptación del nulo interés que tienen por conocer su funcionamiento y aprovecharlo para su beneficio, dando prioridad a la limpieza de sus calles y casas por el agua y escombros acarreados de las lluvias torrenciales.

Al momento de dar el primer y único taller sobre ¿Qué es y cómo funciona un biodigestor?, la actitud de las personas se puede considerar buena, pues respondían a las preguntas con ánimo y en general estaban participativos y atentos. De las 21 personas que asistieron al taller se les aplicó una encuesta obteniendo los siguientes resultados:

En la primera etapa de esta investigación se observó que la escolaridad promedio de la población era de preparatoria, teniendo en cuenta que el grueso de los encuestados pertenecía

a la zona centro de Puerto (Acosta, 2015), sin embargo, dentro del barrio Chico Zapote, el 29% concluyó la primaria, el 24% tiene primaria sin terminar y otro 24% cursó hasta secundaria, sólo el 9% terminó la preparatoria (2 personas) y el 14% restante no sabe leer ni escribir (figura 1).

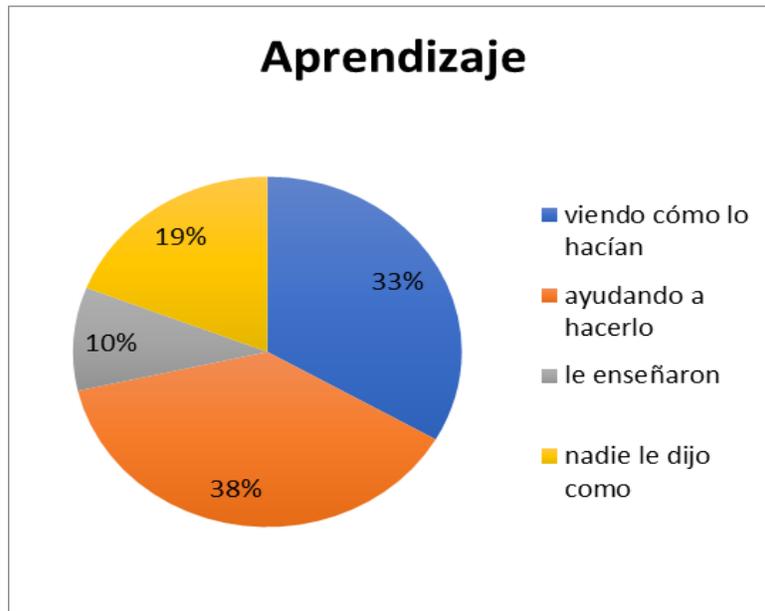
**Figura 1. Nivel de escolaridad de los encuestados.**



**Fuente: Elaboración propia con base a la encuesta aplicada.**

Para conocer su forma de aprendizaje, se les cuestionó sobre cómo habían aprendido su oficio, de las preguntas abiertas sólo se encontraron cuatro formas, el cual resultó ser visual y kinestésica, es decir, las personas aprenden viendo y haciendo las cosas, esto fue importante conocerlo para orientar la dinámica de los talleres con el fin de que realmente se aprehenda la información recibida.

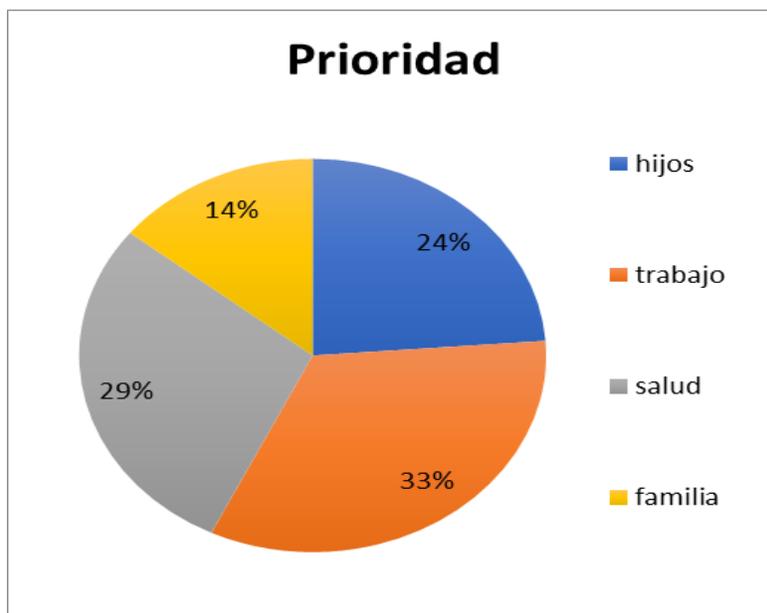
**Figura 2. Tipo de aprendizaje de los pobladores.**



Fuente: elaboración propia con base a la encuesta aplicada.

Conocer su prioridad en la vida, también fue importante para relacionar la teoría sobre las aguas residuales y su afectación directa en ello, las cuatro palabras clave que se respondieron fueron: tener un trabajo con 33%, tener buena salud con 29%, sus hijos con un 24%, y un 14% que no tenía hijos, pero que si tiene familia.

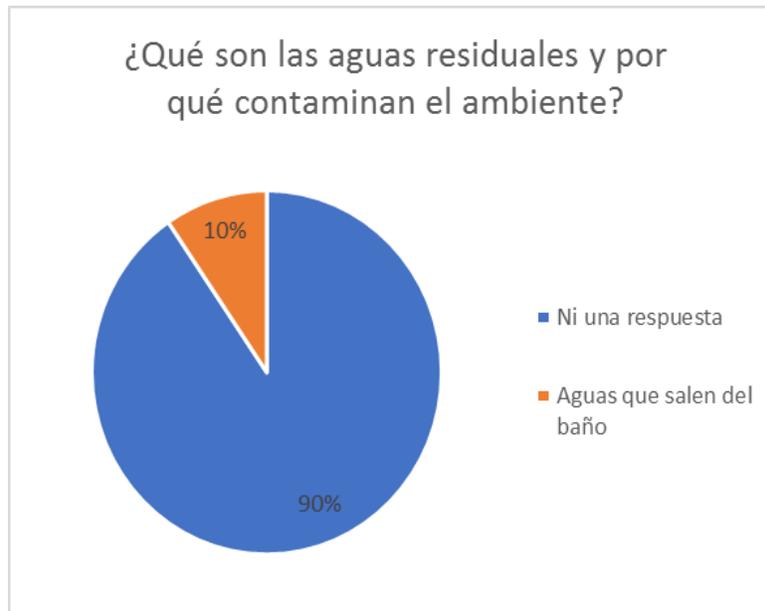
**Figura 3. Prioridad en la vida de los encuestados.**



Fuente: elaboración propia con base a la encuesta aplicada.

En la sección sobre conocimientos generales sobre aguas residuales, digestión anaerobia y cambio climático, seis de las nueve preguntas se dejaron en blanco por parte del 100% de los encuestados. Las preguntas abiertas se ponderaron del 0 al 5 dependiendo de las palabras clave escritas, si el encuestado respondía una o más palabras clave asertivas, ese es el nivel de conocimiento sobre el tema, si alguien respondía 5 palabras clave quiere decir que la persona tiene el 100% del conocimiento básico sobre la pregunta. Las únicas 3 preguntas que se obtuvieron respuesta fueron las siguientes:

**Figura 4. Conocimiento general sobre las aguas residuales y su afectación al ambiente.**

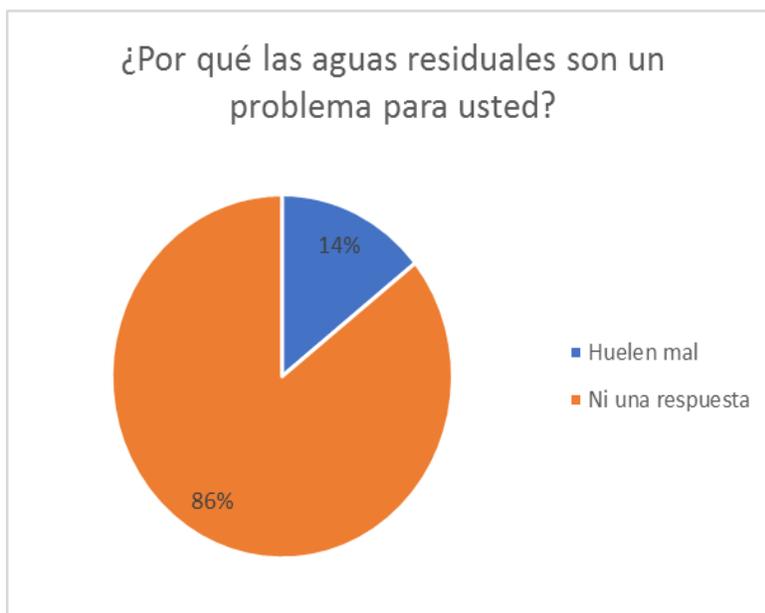


**Fuente:** Elaboración propia con base a la información obtenida de la sección II de la encuesta aplicada.

La figura 4 corresponde a la primera pregunta de la segunda sección, sólo el 10% (dos personas) contestó una sola palabra clave que son las aguas que salen del baño.

La figura 5 corresponde a la segunda pregunta, y cuestiona la percepción sobre las aguas residuales en su comunidad. El 14% dijeron una sola palabra clave en cuestión del mal olor.

**Figura 5. Percepción sobre las aguas residuales en su comunidad.**



Fuente: Elaboración propia con base a la información obtenida de la sección II de la encuesta aplicada.

La siguiente figura 6 cuestiona qué se hace en su hogar con las aguas residuales, el 67% no contestó, el 24% menciona tener fosa séptica y el 9% indicó que las tiran directamente o al suelo o al arroyo que se ubica a lado de su casa.

**Figura 6. Disposición de las aguas residuales domésticas en la comunidad.**



Fuente: elaboración propia con la información obtenida de la sección II de la encuesta aplicada.

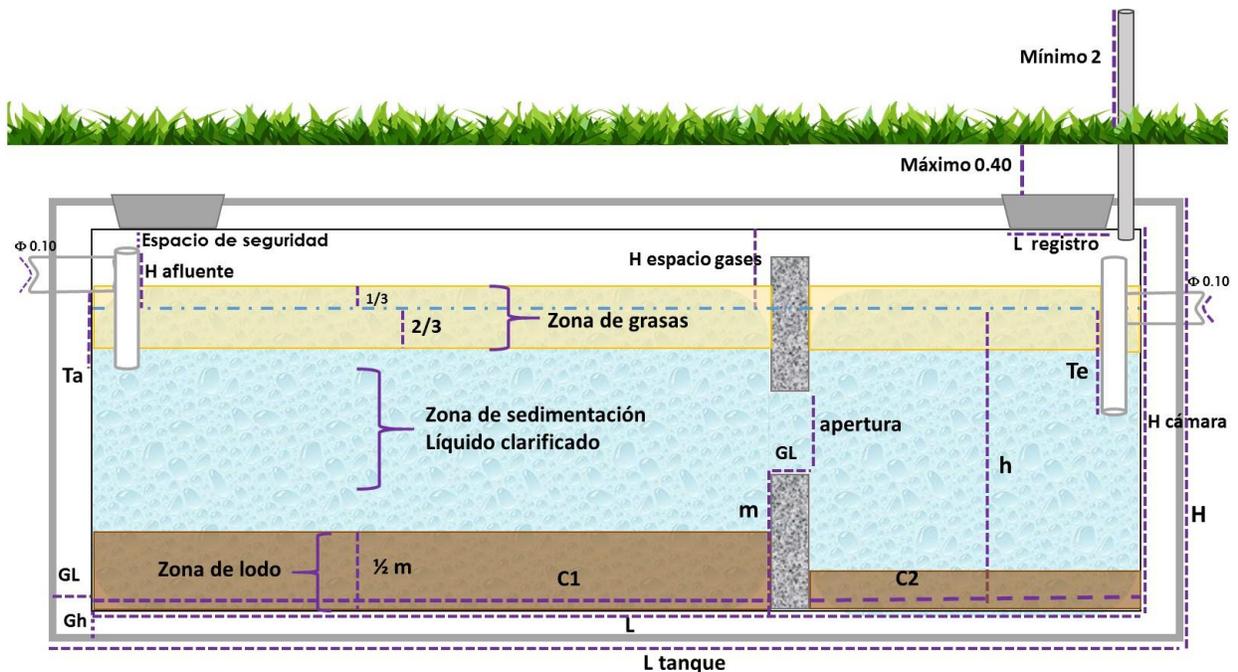
Los anteriores resultados indican el nulo conocimiento que se tiene sobre el daño que representa las aguas residuales, la teoría sobre la digestión anaerobia y no hallan relación sobre los impactos directos que tiene el cambio climático por la falta de un tratamiento de aguas residuales, a pesar de haberlo vivido con las lluvias.

En la última sección de la encuesta para conocer las motivaciones que tenían por haber asistido al taller, el 46% no contestó esa sección, el 80% de los que si, justificaron que querían aprender a construir un biodigestor y el 94% dijo que participaría en los siguientes talleres. Esto último nunca se cumplió, por las razones mencionadas anteriormente, además que es un reflejo del por qué Oaxaca se encuentra en las condiciones de marginación, pues, aunque su gente tiene buenas intenciones, no tiene disciplina y se explica el alto porcentaje de deserción académica, las personas son flojas y prefieren soluciones inmediatas que sólo eviten las consecuencias de manera momentánea y no soluciones a profundidad que los haga cambiar del estado en el que se encuentran.

Por esto mismo, no hay interés por parte de la población (al menos de este barrio), en conocer sobre el tratamiento de las aguas residuales y mucho menos por los biodigestores. El problema que lo causa es que no hay ese conocimiento que conecte sus problemas puntuales con las acciones cotidianas. Si ellos tuviesen un aprovechamiento sustentable del agua residual tratada de cualquier sistema, para el riego de huertos comunitarios, no se tendría tanta demanda de alimentos externos y eso impactaría en el uso del recurso hídrico en otros niveles; o si se regara en las áreas comunes y no hubiese el nivel de deforestación local que hay, las raíces de los árboles estarían fuertes e impedirían el deslave del terreno cuando sucedan este tipo de fenómenos naturales como huracanes y tormentas, además que la temperatura no sería tan alta (principalmente en época de estiaje) y eso contribuye a la mitigación de la velocidad del cambio climático.

Justamente, una de las afectaciones principales que tuvieron los barrios, fue en los pozos de agua potable, algunos se llenaron de arena y materia orgánica como ramas, hojas, etc., otros se enturbió el agua de manera drástica, y se puede suponer, que si se realiza un análisis sobre los niveles de coliformes totales y fecales excederían los límites permisibles para evitar un daño a la salud; como se ha mencionado en la introducción, esto es generado, en parte, por el mal diseño de sus fosas sépticas. Por ello, aunado a la falta de información técnica que respalda el diseño del biodigestor prefabricado con forma circular, es que, la red de digestores anaerobios (tanques sépticos) se propone con forma rectangular bajo los criterios de la teoría de reactores y biorreactores con las siguientes dimensiones (figura 7):

**Figura 7. Tanque séptico de dos cámaras. Todas las unidades están en m.**



Fuente: elaboración propia con base a la bibliografía consultada.

A su vez, en cada sistema se ha tomado en cuenta los mismos criterios (tabla 1):

**Tabla 1. Criterios para el dimensionamiento de los tanques sépticos.**

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
TRH	24 h
L : W	2 : 1
Limpieza de lodo	3 años
Cámaras	2
Relación 1ª cámara/ $V_{Tot}$	2/3
FC	1.5
AAR	190 L/persona*d

**Fuente: Elaboración propia con base a la bibliografía consultada.**

Donde el TRH es el tiempo de retención hidráulica; la relación L:W es con respecto al largo y ancho del tanque; FC es el factor de capacidad donde la literatura (US Army, 2010; EPA, 2000) menciona que para sistemas con menor a 5000 usuarios es igual al valor referido; y, AAR, es la aportación de aguas residuales diarias per cápita al sistema, cabe mencionar que se toma el valor escrito de acuerdo a las referencias consultadas (CEPIS, 2003; Sasse, 1998; Sach, 1995), y puede ser modificado de acuerdo al país.

Se ha diseñado una hoja de cálculo en Excel para poder variar el número de usuarios, aunque para la propuesta se describe para 5, es decir una sola casa; 50, una cuadra; o, hasta 500 personas, es decir todo el barrio. Sin embargo, cualquiera puede modificar el número deseado e incluso si se conoce el valor de aporte de agua residual por parte de su comunidad también se modifican las dimensiones con el programa, así sólo se tiene que introducir la cantidad de individuos y su construcción será con los valores arrojados por el programa, la siguiente tabla 2 es un ejemplo del diseño para 50 personas:

**Tabla 2. Valores de dimensiones de un tanque séptico para 50 usuarios. Todas las dimensiones están en m. consultados.**

<b>Usuarios</b>	<b>L</b>	<b>W</b>	<b>h</b>	<b>H</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
<b>50</b>	6	3	1.5	2.15	4	2

<b>m</b>	<b>Ta</b>	<b>Te</b>	<b>Gh</b>	<b>GL</b>	<b>apertura</b>
0.75	0.25	0.6	0.15	0.23	0.30

**Fuente:** elaboración propia con programa Excel, recopilación de ecuaciones con base a distintos manuales

Con lo anterior, el municipio podrá llevar a cabo los proyectos de implementación de estos sistemas de la manera adecuada, ya que la propuesta está compuesta por el manual de operación y mantenimiento; especificaciones que se tienen que considerar al momento de la construcción (como distancias de seguridad de los pozos, cursos de agua, tuberías, etc.), permitiendo corregir la distorsión teórica sobre la edificación de estos sistemas; además de contener la carta descriptiva de los talleres que se tienen que dar a la población para comprender la teoría del tratamiento de las aguas residuales:

1. Aguas residuales, tratamiento y su lugar en el ciclo hidrológico.
2. ¿Qué es y cómo funciona un biodigestor? (Bases teóricas de la digestión anaerobia).
3. Construcción, operación y mantenimiento de un biodigestor.
4. Cambio climático, aguas residuales, consecuencias locales.
5. ACV enfocado en los sistemas de tratamiento biológico de las aguas residuales (lodos activados y biodigestores).

En las entrevistas semiestructuradas aplicadas a 15 personas del barrio se observó dos posturas, en principio que la falta de comunicación con su jefe de barrio fue uno de los factores que influyó para que las personas no asistieran a los talleres, sobre todo porque el jefe les dijo

que eran acerca del uso de un “baño”, por lo que la gente contestaba que: “para qué voy a ir si yo ya tengo un baño en mi casa”, no se les comunicó adecuadamente que los talleres era para aprender sobre el tratamiento biológico sobre las aguas residuales y la implementación de un biodigestor circular prefabricado. En segundo lugar, dentro de la entrevista se les explicó rápidamente el proyecto y en qué consistía, principalmente cuál era el error de la construcción de las fosas sépticas que infiltran la materia orgánica y por lo tanto no se lleva a cabo el tratamiento del agua residual; entonces, cuando se les preguntó si estarían dispuestos a recibir los talleres la mitad de las personas contestó que si, y la otra mitad que no. Lo interesante fue que los que contestaron que si están dispuestos, son de un estrato social mayor a los que contestaron que no, es decir, se dedican al comercio o a actividades que les permiten obtener mayores recursos económicos, además de tener mayor grado de estudios; los que respondieron que no, definitivamente no les interesaba corregir su problema ambiental, y las condiciones de su vivienda se veían realmente de muy escasos recursos, a su vez la mayoría de éstas personas no sabía leer ni escribir, pues cuando se les pedía que firmasen el acuse de su entrevista sólo colocaron una “X”.

Entonces, es perceptible que para que se dé un verdadero desarrollo, las comunidades deben ser en principio informadas y educadas, pues a pesar de percibir sus problemas, en este caso ambientales, las soluciones adecuadas no se darán sino con la información que motive a la población a su cambio de hábitos.

La estrategia estará en una mayor presión por parte de los gobernantes hacia su población, pero si ellos no tienen los niveles de conocimiento mínimos sobre los problemas que atañen a su comunidad es el reflejo mismo de la situación en que se encuentra su población, por ello el taller impartido para entregar la propuesta fue clave para que tomaran mejores decisiones, ya que entonces los sistemas sépticos serán la base de un primer tratamiento de las aguas

residuales y con ello gestionar integralmente el agua ya que se planea la construcción de recolección de agua de lluvia, y el agua residual tratada será reutilizada en distintas maneras, desde el riego en espacios comunes, e incluso se menciona un segundo tratamiento para poder implementar huertos comunales.

Lo que esta investigación aporta es que, en la propuesta de la red de biodigestores para el tratamiento de las aguas residuales, se integran las cartas descriptivas de los talleres de educación ambiental pues educar a la población sobre los problemas ambientales permiten que en principio el conocimiento se aprehenda dentro de la comunidad y las nuevas generaciones no repitan los errores teóricos, en segundo incentiven un cambio de hábitos en las personas, y en tercero se dé un desarrollo sustentable dentro del territorio, ya que se ahorran costos económicos por la implementación de ecotecnologías, sociales principalmente en cuestiones de salud y ambientales, por su disminución en los impactos negativos de las actividades antropogénicas.

## **CONCLUSIONES**

Entonces, con base a la información recabada y su análisis, la hipótesis planteada en esta segunda etapa de la investigación se invalida, ya que no hubo interés por parte de los usuarios por implementar en sus casas el sistema instalado en su barrio, además de no haber dado los talleres en un principio planteados, implicó que no se adquiriese el aprendizaje requerido para comprender las afectaciones directas e indirectas sobre la falta de un tratamiento de las aguas residuales.

Para despertar el interés de los pobladores, es necesaria la presión por parte de las autoridades locales, es decir que se les obligue a asistir a las primeras charlas donde se planteen y expliquen las afectaciones ambientales, y su necesidad de corregir los problemas que los

afectan, una vez que se perciba que la población ha entendido de manera correcta la información recibida se podrán tomar decisiones adecuadas, si de plano la población no está interesada, entonces se verá perjudicada por sus decisiones y no será hasta que sea severa la situación cuando pida ayuda y soluciones puntuales.

Otra estrategia es dar la información a través de grupos focales, por ejemplo, a alumnos de primaria y secundaria; a los grupos de mayor estrato social; a comerciantes; pescadores; amas de casa; etc. Ya que se observa que al tener mayor nivel de educación y recursos económicos el interés es proporcional.

La propuesta generada permite no sólo corregir la parte técnica de los sistemas implementados (tanques sépticos) en la zona, sino el hecho de contener las cartas descriptivas de educación ambiental sobre el tema, permite que sea una verdadera solución estratégica para el tratamiento de las aguas residuales y la gestión integral del recurso hídrico.

## REFERENCIAS

**Acosta Moyado, Luz Dehni**, 2015, "*Educación ambiental. Estudio de caso Pto. Ángel, Oaxaca*", México, RED EMUN. X Congreso Internacional. Economía, Desarrollo y Territorio.

**CEPIS**, 2003, "*Especificaciones Técnicas para el Diseño de Tanques Sépticos*", Lima, Perú, Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural.

**CONAGUA**, 2007, "*Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Paquetes tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales*", México, IMTA.

**EPA**, 2000. "*Treatment systems for single houses. Wastewater treatment manuals*", Ireland. EPA.

**González Jimenez, Sarai**, 2010, "*Percepciones locales sobre contaminación ambiental en el Estado de Oaxaca. Un estudio de caso*", México, Tesis licenciatura, UMAR.

**NOM- 001- SEMARNAT-** 1996. *Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*. Modificación DOF 23 abril 2003.

**NOM- 004- SEMARNAT-** 2002. *Límites máximos permisibles de contaminantes en los lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas de tratamiento de aguas residuales, con el objeto de posibilitar su aprovechamiento o disposición final y proteger al medio ambiente y la salud humana*. DOF 2002.

**Sasse, Ludwig**, 1998, "*DEWATS. Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*", Delhi, BORDA.

**SAHC**, 1995, "*Waste control systems: standard for the construction, installation and operation of septic tank systems in South Australia*", South Australia, South Australian Health Commission.

**Seabloom, Robert; Bounds, Terry; Loudon, Ted**, 2004. "*Septic Tanks*". EEUU, University Curriculum Development for Decentralized Wastewater Management.

**SNV**, 2013, "*Septic System Manual*", Ministry of Works and Human Settlement Department of Engineering Services Urban Infrastructure Service Division.

**US Army**, 2010, "*AED Design Requirements: Sanitary Sewer & Septic System*", AED. Version 1.6. Afghanistan.

**Huante González, Yolanda**, 1997, "*Contaminación Biológica en la Bahía de Puerto Ángel, Oaxaca*", Ciencia y mar, México, mayo-agosto, pp. 39-43.

**Giraldo-Gómez, E; Pavlostathis, S**, 1991, "*Cinética del tratamiento anaerobio*", IWA, EE.UU, Vol. 28 (8). pp. 35-59.

**Lucho Constantino, et al**, 2015, "*Diseño de fosas sépticas rectangulares mediante el uso de la herramienta FOSEP*", Revista Mexicana de Ingeniería Química, México, vol. 14. No. 3. pp. 757-765.

**Martínez Lievana, Concepción; et al.**, 2015, "*Diagnóstico de la calidad de agua de los pozos de Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca*", Ciencia y mar. XVII (50). pp. 11-18.

**Spuhler, Dorothee**, 2011, "*Septic Tanks*", EEUU Sustainable Sanitation and water management. pp 1-7.

**INEGI**, 2011, "*Estadísticas del agua en México*", Sitio Web SEMARNAT, Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/usos.aspx?tema=T> Fecha de acceso 23.VI. XVII.

**INEGI**, 2013, *Indicadores de Marginación*. Sitio Web INEGI, Disponible en: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/indiMarginacLoc.aspx?refnac=203240025> Fecha de acceso 23.VI. XVII.

**SEMAR**, S.F, "Puerto Ángel, Oaxaca", Sitio Web SEMAR, Disponible en: [www.digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioPtoangel](http://www.digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioPtoangel) Fecha de acceso 28.VII. XV.

**SEMARNAT**, 2015, "*Numeragua México*", CONAGUA, Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/NUMERAGUA2015.pdf> Fecha de acceso: 23.VI.XVII.

**UN**, 2017, "*DESA / Population división*", Sitio Web UN, Disponible en: <https://esa.un.org/unpd/wpp/Graphs/DemographicProfiles/> Fecha de acceso 23.VI. XVII.