



Universidad Autónoma del Estado de México



Facultad de
Arquitectura y Diseño



Facultad de
Economía



Instituto de Estudios
Sobre la Universidad

Trabajo Terminal de Grado

**Conformación de bloques de adobe con
residuos de agave “*Angustifolia Haw*”.
Estrategia para el desarrollo local sustentable
en Santa María La Asunción, Zumpahuacán,
Estado de México.**

Que presenta

Ing. Mauricio Ruiz Serrano

Para obtener el Grado de Maestro (a) en
**Estudios Sustentables Regionales y
Metropolitanos,**

Director

Mtro. Roy Estrada Olivella

Tutores adjuntos

Dr. José Isabel Juan Pérez

Dr. Jesús Aguiluz León

Toluca, México a 4 de julio de 2019

ÍNDICE

	Pág.
Resumen.....	4
Introducción.....	5
Capítulo I: Marco Contextual	
1.1 Orígenes de la vivienda y los materiales de construcción.....	11
1.1.1 La bioconstrucción.....	14
1.1.1.1 El adobe.....	15
1.1.1.2 El agave.....	18
1.1.1.3 El adobe con fibras vegetales.....	22
1.2 Regionalización de la zona de estudio.....	25
1.2.1 Ubicación geográfica del municipio Zumpahuacán.....	25
1.2.2 Datos demográficos, topográficos y climáticos.....	26
1.2.3 Santa María la Asunción.....	36
1.2.4 El adobe en la región.....	40
1.2.4.1 Proceso de producción.....	41
1.2.5 El agave en la región.....	48
1.2.5.1 Proceso de producción.....	50
Capítulo II: Marco Teórico	
2.1 Fundamentación general.....	64
2.2 Responsabilidad e Impacto Social en el diseño sustentable.....	66
2.3 Estrategias Sociales para la disminución de la pobreza.....	73
2.4 Estrategias para la bioconstrucción.....	76
2.4.1 Materiales bioclimáticos en la vivienda transicional y marginal en México.....	78

Capítulo III: Marco Metodológico	
3.1 Enfoque metodológico y técnico.....	81
3.1.1 Pruebas de campo y laboratorio.....	84
3.1.2 Caracterización de propiedades físicas de las fibras y bagazo de agave.....	85
3.1.3 Caracterización de propiedades físicas del adobe tradicional.....	87
3.2 Encuestas y resultados.....	89
Capítulo IV: Marco Normativo de vivienda y Vivienda social	
4.1 Ley de la Vivienda.....	94
4.2 Programa Nacional de Vivienda.....	96
4.2.1 Edificación sustentable, norma NMX-AA-164-SCF-2013.....	97
4.3 Vivienda Social Sustentable.....	100
4.4 Vida Domestica en el Municipio de Zumpahuacán.....	103
4.5 Salud y vivienda.....	104
Capítulo V: Propuesta de bioconstrucción y Resultados	
5.1 Propuesta de un prototipo de vivienda.....	108
5.2 Diseño sugerido.....	109
5.3 Ficha técnica.....	113
5.4 Análisis de Resultados.....	119
Conclusiones y sugerencias.....	122
Bibliografía.....	124
Anexos	
Anexo 1: Índice de fotografías, imágenes, mapas y tablas.....	134
Anexo 2: Encuesta.....	137
Anexo 3: Constancias y ponencias en congresos internacionales.....	138

Resumen

La problemática ambiental, plantea la necesidad de incorporar un saber ambiental de manera teórica y práctica que permita consolidar acciones fundamentadas en la sustentabilidad. Por ello, el desarrollo de materiales constructivos de calidad y bajo costo, requieren diseño sustentable para el beneficio de la población urbana y rural.

El objetivo principal de este estudio fue fomentar el desarrollo local sustentable en Santa María La Asunción, Municipio de Zumpahuacán, Estado de México a través de la elaboración de adobes de arcilla con fibras de agave.

Algunos fines prácticos fueron: a) Preparar arcilla con fibras y/o bagazo de agave (*Angustifolia haw*) para elaborar adobes. b) Diseñar el modelo de adobe con dimensiones específicas y de acuerdo a las características de las viviendas tradicionales de Santa María La Asunción. c) Caracterizar las propiedades físicas de los adobes mediante pruebas de laboratorio. d) Seleccionar el sitio para proponer la construcción de una vivienda.

Los resultados más importantes de esta investigación son: los recursos para la elaboración de bloques de adobe con bagazo de agave, están disponibles en el ambiente de la comunidad por las condiciones geográficas, tanto los suelos arcillosos como el agave *Angustifolia haw*, especie predominante en la región y empleada para la elaboración de mezcal. Se aplicaron encuestas con el fin de reportar el conocimiento de los habitantes en materia de bioconstrucción.

Las ventajas del adobe tradicional versus el adobe conformado con bagazo, son: que los recursos para su elaboración se encuentran a la mano del agricultor o maestro mezcalillero y su utilización cumple con las características de los constructores, albañiles o bien, para la autoconstrucción. Finalmente, en materia ambiental, el hecho de reutilizar un recurso subutilizado como el bagazo, evita acumulaciones y aporta propiedades mecánicas a los adobes para la construcción de viviendas.

INTRODUCCIÓN

La problemática ambiental, plantea la necesidad de incorporar un saber ambiental de manera teórica y práctica que permita consolidar acciones fundamentadas en la sustentabilidad. Por ello, el desarrollo de materiales constructivos de calidad y bajo costo, requieren diseño sustentable para el beneficio de la población urbana y rural.¹

El conocimiento y la investigación son fundamentales para favorecer los procesos exitosos de desarrollo sustentable, la participación de científicos y técnicos resulta imprescindible (Navarro, Maroto y Cejudo, 2013). La cooperación, participación y toma de conciencia de la problemática ambiental en los ámbitos colectivo y público, cuenta apenas con medio siglo, sin embargo, sigue siendo insuficiente. Sus antecedentes se remontan a la década de los años 70's del siglo XX, con la realización de diversas Conferencias internacionales sobre Medio Ambiente Humano, en la cual, la educación ambiental adquiere su estatus internacional a través del Programa Internacional de Educación Ambiental (PIEA). De entonces a la fecha se han realizado innumerables esfuerzos para explicar y resolver esta problemática. Asimismo, se ratificó la importancia de la educación para lograr el desarrollo, para ello, se estableció: *Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable (2005-2014)*, promovida por la UNESCO. Considerar la Educación Ambiental en todos los niveles educativos es impostergable, pero más aun, en la formación de los nuevos profesionistas y profesionales implícitos en el diseño sustentable, tal es el caso de esta investigación.

En México se han realizado diversos planes y programas para el desarrollo sustentable, destacando la estrategia nacional 2006-2014, propuesta por el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), la cual es un área de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) que elabora: *Estrategia de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en México*. Las principales

¹Esta propuesta de tesis deriva de la investigación: "Análisis de viabilidad en la reutilización de residuos de agave como material biocompósito de alto valor agregado para el fomento de la sustentabilidad" cuya responsable técnica es la Dra. Martha Patricia Zarza Delgado, dicha investigación es financiada por la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la UAEMéx, con clave 4360/2017/CI.

características de esta estrategia son: *Participativa e incluyente*; lo cual, implicó crear las condiciones propicias para que todo actor social expresara sus comentarios y propuestas sin restricciones. *Autónoma y plural*; el proceso fue independiente y se incorporaron las propuestas e ideas de todos los participantes. *Abierta y flexible*; se concibe esta estrategia como documento en construcción, ya que implica ajustes, actualizaciones y sus planteamientos deben adecuarse a las condiciones cambiantes del contexto. *Comprehensiva e integral*; la estrategia busca abarcar diferentes actores sociales involucrados y la jerarquización, ordenamiento y síntesis para incluir lo más sustancial. Sin embargo, será necesaria una actualización para 2019 por la problemática que presentan los hidrocarburos.

Habrá que recordar que la crisis ambiental actual, obedece a una visión antropocéntrica que sitúa a los seres humanos al centro del mundo, colocándonos en una condición de superioridad, en la cual el resto de la naturaleza está a nuestro servicio. Este paradigma ha llevado a las comunidades, en la medida que crecen en población, a sobrepasar la capacidad de recuperación de los ecosistemas de que dependemos para nuestra sobrevivencia. Así es como paulatinamente hemos ido agotando o contaminando las aguas, los bosques, el aire, es decir todo aquello que nos brinda los elementos esenciales para la vida; desde la posibilidad de respirar, pasando por la alimentación, el abrigo, hasta el sosiego emocional, hemos ido debilitando el tejido de la vida. “La diversidad cultural es el espejo de la diversidad natural. La obra de la creación es la unidad de la diversidad, donde coexisten todas las vidas en un equilibrio armónico. Cada vez que se arrasa un bosque, se violenta una forma de vida, se pierde una lengua, se corta una forma de civilización, se comete un genocidio” (Menchú, 2002: 1). Para Alem (2003), el concepto de sustentabilidad se funda en el reconocimiento de los límites y potenciales de la naturaleza, así como la complejidad ambiental, inspirando una nueva comprensión del mundo para enfrentar los desafíos de la humanidad. De tal modo que, el concepto de sustentabilidad promueva una nueva alianza naturaleza-cultura instaurando una nueva economía, reorientando los potenciales de la ciencia y la tecnología, y construyendo una nueva cultura política, fundada en una ética de la

sustentabilidad -en valores, creencias, sentimientos y saberes- que renueven los sentidos existenciales, los mundos de vida y las formas de habitar el planeta Tierra.

La problemática ambiental, “plantea la necesidad de internalizar un saber ambiental emergente en todo un conjunto de disciplinas, tanto de las ciencias naturales como sociales, para construir un conocimiento capaz de captar la multicausalidad y las relaciones de interdependencia de los procesos de orden natural y social” (Leff, 1994: 17), conformando una ideología ambiental basada en la sustentabilidad. Toda vez que, como fenómenos sociales, no se agotan en una sola visión y requieren de una reflexión profunda, por ello, es imprescindible vincular la ideología ambiental con los procesos constructivos sustentables que impacten directamente a comunidades de escasos recursos, entre muchos otros aspectos.

La relevancia de esta investigación radica en ofrecer una propuesta para desarrollar técnicas de reforzamiento con materiales reciclables para bloques de adobe, con el propósito de minimizar costos y proveer de propiedades mecánicas de resistencia al adobe, reutilizando materiales que generalmente se desechan, se desperdician. Asimismo y mediante el uso de biomateriales compuestos, como es la incorporación de fibras de agave en el adobe, se podrá obtener un ahorro considerable, ya que, como son compuestos con base en fibras naturales, tienden a una densidad baja y cuando se incrementan totalmente no hay liberación neta de gases efecto invernadero, minimizando así, la producción de ceniza, de tal suerte que la industria mezcalera y tequilera dispondrán de un mejor proceso en la gestión de residuos, proporcionando una ruta de reciclaje fácil y barato para la organización de los mismos, aunado a que también añadirá valor a sus residuos.

La intención de este proyecto es transformar los residuos del agave en un producto de alto valor con potencial aplicación en varios sectores, como el de la construcción, específicamente en la fabricación de adobe. Este desarrollo se llevará a cabo siguiendo los principios de la economía circular, donde el reciclaje de residuos podrá ofrecer

muchos beneficios, entre los más importantes está la disminución de costos en la construcción y bajo impacto ambiental, entre otros.

Las preguntas de investigación que se plantearon en esta tesis son las siguientes:

¿En la comunidad rural de Santa María la Asunción, Zumpahuacán, Estado de México no se aprovechan las fibras y el bagazo de agave derivado de la producción del mezcal debido a la falta de conocimientos sobre los usos o beneficios de este recurso, la costumbre de desecharlo y/o la carencia de proyectos innovadores?

¿En la medida en que haya más opciones para la construcción de viviendas con materiales reciclables será mayor el impacto a la protección del ambiente?

¿Este adobe reforzado con agave incrementará la resistencia a la compresión?

¿Por qué las fibras y/o bagazo de agave es un recurso subutilizado por población de Santa María la Asunción?

Existen diversas justificaciones para desarrollar esta propuesta, las cuales se pueden agrupar de la siguiente manera.

- a) **Ambiental:** Uso y manejo de recursos naturales disponibles en la comunidad.
Recursos amigables con el ambiente.
- b) **Económica:** Accesibilidad directa a arcillas y vegetales. Bajo costo en el proceso de construcción. Manejo de residuos para insertarse en la cadena productiva y mejorar las condiciones de vida (economía circular).
- c) **Social:** Reivindicar la relación ambiente-sociedad-cultura. Identidad Mexicana.
- d) **Académica:** aplicación de fundamentos teóricos y metodológicos para el diseño de propuestas de desarrollo local.

El propósito fundamental de esta investigación es:

Fomentar el desarrollo local sustentable en Santa María la Asunción, Municipio de Zumpahuacán, Estado de México a través de la elaboración de adobes de arcilla con fibras de agave y/o bagazo.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Desarrollar y caracterizar las propiedades del nuevo biomaterial con base en residuos de agave, para proponer un diseño de vivienda.
- Ampliar los conocimientos científicos sobre fibras naturales y materiales biocompuestos, así como sobre su aplicación, incluyendo estrategias de vida útil, reutilización y recuperación principalmente.
- Comparar las propiedades físicas del adobe tradicional y el adobe reforzado con fibras de agave.
- Concientizar a la población sobre los beneficios de la construcción de adobe con fibras y bagazo de agave.
- Promover el uso de materiales tradicionales para la construcción como estrategia para la conservación de tradiciones e identidad cultural.

Esta investigación contempla una metodología mixta, con estudios cuantitativos y cualitativos, las categorías de análisis son: la construcción, la sustentabilidad y la tierra –el caso particular del adobe–. El objeto de estudio es la tierra como material de construcción. Algunas premisas, así como las técnicas e instrumentos se explican en el capítulo correspondiente.

Dentro de las limitaciones de este proyecto está la realización de un prototipo de vivienda, que no será construida, por lo tanto, solo se presentará un modelo computarizado. A pesar de comentar los beneficios que pueda ofrecer este material de construcción para la vivienda social en zonas marginales y rurales, por motivos financieros, de tiempo y espacio, asimismo, y a modo de advertencia, solo se elaborará un prototipo de vivienda como propuesta sustentablemente responsable.

Los resultados obtenidos en esta investigación principalmente son: conformación de bloques de adobe con bagazo de agave más resistentes a la fuerza de compresión, ligereza y porcentaje de absorción de agua, además, de los beneficios para la población reportados en las encuestas realizadas.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL

1.1 Orígenes de la vivienda y los materiales de construcción

El hombre en sus primeras etapas de desarrollo, ya sea cazando o en la recolección de recursos, mantenía un constante movimiento. La migración daba lugar a la imposibilidad de una morada fija, la repetición de visitas a regiones de recursos naturales abundantes, fue la pauta para el sedentarismo. Con esto comenzó todo lo relacionado con su vivienda. Los primeros pueblos humanos construían refugios para su protección empleando elementos de su entorno. Estos refugios fueron al inicio de matorrales y ramas pequeñas, usualmente cubiertos de lodo con la función de aislarse del agua. Esta vivienda rústica fue llamada *jaca*.

El elemento tierra ha acompañado al ser humano siempre, afirma Domínguez (2010). Desde hace 10.000 años los hombres han construido comunidades y ciudades, la tierra cruda, fue, y sigue siendo, uno de los principales materiales de construcción. Es así que, hoy en día, más de un tercio de la población humana vive en *hábitat* de tierra.

Existen construcciones grandiosas, tales como la mezquita de Djene en Malí, empezada en el siglo decimosegundo, o el Taj Mahal, en la India, que tiene escondido debajo de sus mármoles estructuras de bambú y barro, o las famosas casas torre del Yemen que pueden tener hasta 8 plantas, muchas de ellas datan de hace 400 años. Todos ellos son ejemplos de la durabilidad de esta arquitectura arcaica y de la fiabilidad de su principal material constructivo: el barro crudo. Su uso fue muy extendido en la arquitectura sagrada, oficial, civil o agrícola y las construcciones de barro se encuentran en todos los continentes, aunque en las zonas húmedas o boscosas solían elegirse otros materiales (Domínguez, 2010: 8).

Inicialmente la construcción de su *hábitat* fue utilizando la tierra con solo secarla al sol, posteriormente y con el descubrimiento del fuego, viene el uso de leña en fogones y las incipientes estufas, para calentarse y para la construcción. Ahora se puede apreciar en las casas rurales que existen en todo el mundo, que esto además de su impacto negativo en los bosques, ya que los fogones y estufas requieren de grandes cantidades de leña, los problemas de salud que ocasionan son muy graves.

Cuando el adobe es cocido en hornos se producen los problemas ambientales y de salud, ya referidos. La bioenergía es la fuente de energía más utilizada, ésta se obtiene

de la biomasa que es la materia que conforma a los seres vivos, sus excretas y sus restos no vivos. “La leña es uno de los diversos tipos de biocombustibles que existen, y ha sido usado por los seres humanos desde hace más de un millón de años, principalmente para la cocción de alimentos, calefacción e iluminación” (Cumana y otros, 2013: 8). Además, se constituyó como un elemento simbólico para muchas culturas. “El fuego derivado de la quema de leña puede considerarse el primer desarrollo tecnológico de la humanidad; ha sido definido como prototecnología, pues para producirlo era necesario que los seres humanos conocieran la relación entre el fuego y el calor” (*Ibidem*). El manejo del fuego es muy relevante en la evolución de la humanidad, pues está ligado al mundo práctico y simbólico de las culturas, “A su vez, en diversos descubrimientos..., se encontraron pinturas rupestres que datan de hace más de 30 mil años, hechas con carbón y otros materiales, lo que demuestra un gran dominio técnico en el uso del fuego y del carbón” (Cumana y otros, 2013:10). Por lo anterior, el uso de leña para la cocción de alimentos o adobe, no será fácil eliminarlo por su valor simbólico.

La fabricación de bloques de adobe además de su composición básica de lodo y paja, puede o no ser reforzada con otros materiales como cal, cemento, madera, caña, fibras y otros más. Las estrategias de reforzamiento convencionales han demostrado ser efectivas (geomalla, cemento, acero, entre otros). Sin embargo, tienen algunas desventajas: costos altos, tiempos largos de aplicación, difícil obtención, entre otros. Existen alternativas para reforzar el adobe con materiales ecológicos o de reuso, como bagazo de caña, cascara de coco, sargazo, palma, entre otros.

La arquitectura tradicional es, en la opinión de Lárraga y otros (2014), heredera del conocimiento empírico producto de la experimentación ancestral de los pueblos indígenas en sus construcciones. Este cúmulo de experiencias sintetiza la búsqueda constante de los pueblos por satisfacer las necesidades básicas de adaptación al medio natural, y muestra su forma de ver e interpretar el mundo; esta búsqueda hace de este conocimiento un conocimiento dinámico, ya que este es constantemente readaptado, renovado y expandido.

Fotografía1: Palma y carrizo para protección



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Particularmente, la construcción de viviendas en México, es muy diversa ya que se cuenta con gran variedad de materiales, niveles socioeconómicos, unas son urbanas y otras rurales, pero sobre todo, se cuenta con una importante riqueza del patrimonio prehispánico, colonial y moderno de México.

México es un país de gran sensualidad. La larga tradición de su extraordinaria arquitectura, tanto popular como contemporánea, su exuberancia, colores, escala y proporciones son evidentes en las construcciones y en las casas excepcionales que se pueden encontrar en todo el país... La casa mexicana abarca una arquitectura de enorme diversidad (Listri y Botero, 2015: 6).

La tierra es un material básico que se encuentra abundantemente en casi todo el país, además de ser una forma de construcción históricamente tradicional, pero por prejuicios, casi siempre injustificados, ha caído en desuso. “Es innegable, por desgracia, que ha desaparecido la sabiduría que lo sustentaba y, previsiblemente, ha perdido prestigio” (Aguilar, 2012: 8), teniendo tantos beneficios la construcción con adobe, hay que retomarla, ya que la construcción actual de la vivienda lleva principalmente cemento, y que en muchas ocasiones no es controlado, mal utilizado e incluso, mal calculado, provocando así desastres ambientales y humanos indeseables, por ello, la alternativa es la utilización de materiales naturales como el adobe.

1.1.1. La bioconstrucción

Se entiende a la bioconstrucción como el acto de construir preservando la vida, tanto de los que habitan como del entorno de su construcción, valorando los materiales utilizados en la obra desde su ciclo de vida: extracción, transformación, manipulación, uso y reciclaje o reintegración a la naturaleza. En la opinión de Velázquez (2015), al concientizarnos sobre el entorno, esto, nos lleva a formular modelos o aplicación de técnicas de diseño y construcción para edificaciones verdes, con opciones de sustentabilidad.

Es importante notar que la bioconstrucción también se preocupa por la arquitectura bioclimática, la cual se encarga de lograr un máximo confort dentro del edificio (temperatura, humedad, frescura, entre otros.) con el mínimo de gasto energético aprovechando las condiciones climáticas de su entorno gracias a un diseño determinado.

Fotografía 2: Materiales naturales para construcción en mezcalera



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

En algunas regiones de nuestro país continúan aplicándose técnicas de bioconstrucción en comunidades rurales como son el uso de la hoja palma para techumbres, el carrizo como soporte, el adobe, el bahareque, muros de paja, madera y/o rocas entre otros.

1.1.1.1 El adobe

Desde tiempos ancestrales las edificaciones se han elaborado principalmente, con el adobe tradicional formado de lodo: barro y arena, mezclado a veces con paja y secado al sol, el cual, ha sido usado para la construcción de viviendas tanto de las ciudades como de las zonas rurales.

En la actualidad es prioritario utilizar material constructivo como el adobe de calidad, cuya principal ventaja es su bajo costo, aunado a beneficios térmicos y aislantes que difícilmente tienen otros materiales. La construcción de vivienda generalmente se realiza con materiales dispendiosos y generalmente, contaminantes ambientales en su fabricación. He aquí las principales cualidades del adobe como estrategia de sustentabilidad.

Las ventajas del adobe

- Bajo costo
- Permite realizar formas suaves y redondeadas.
- Permite un bajo consumo energético por sus cualidades aislantes.
- Resulta fácil de modificar en futuras reformas de muros y muy versátil para las instalaciones de tuberías y red eléctrica.
- No deja entrar los ruidos externos.
- Material sustentable que permite la economía circular

Si a estas ventajas del adobe tradicional, se incrementan sus cualidades termofísicas, económicas y culturales, se puede obtener un material amigable con la naturaleza y también con los usos y costumbres humanos de muchas comunidades rurales, principalmente.

El adobe ha sido un material de construcción milenario, según Mchenry (2008), diversas culturas tienen registro de ello. La utilización de ladrillos en formas de mayor complejidad también presupone mayor planeación y ciertos estándares de medida, tal vez la misma vara medidora o “regla” del constructor.

Existen ejemplos egipcios del 2500 a.C. que muestran un alto grado de sofisticación... En el libro del Éxodo 5:7, se habla de la utilización de la paja y de la responsabilidad de su abastecimiento. En medio oriente, los milenios de civilización y las presiones de población crearon nuevas demandas de tierra y de asentamientos en ambientes más inclementes y áridos... Las formas de mampostería abovedada que se supone que fueron desarrolladas en medio oriente antes del periodo dinástico egipcio se extendieron hasta el norte de África y luego hacia las ciudades romanas. Más tarde, las invasiones moras en España diseminaron el uso de estas formas ahí. Y a su vez, fueron exportadas hacia el hemisferio occidental por los exploradores españoles (Mchenry, 2008: 18-19).

Asimismo, este autor comenta que los exploradores españoles encontraron en el suroeste de Estados Unidos pueblos de adobe en 1540, y hacia 1590 los colonos del sur llevaron la tecnología del adobe a un área con un largo historial de construcción con tierra. La utilización del ladrillo de adobe, que los indios *Pueblo* no conocían excepto en formas rudimentarias llegó a establecer estándares durante varios siglos.

La ciencia, la tecnología, el arte y la religión asociados a un profundo conocimiento del contexto ambiental, fueron atributos de los antiguos grupos étnicos de Mesoamérica. Numerosas referencias de esas cualidades (Gama y otros, 2012), fueron documentadas en las crónicas de la conquista de México lograda por Hernán Cortés a favor del entonces Imperio español entre 1519 y 1521. Sin embargo y debido al cambio cultural y a la erosión de las tradiciones indígenas, mucho de ese conocimiento se ha perdido para sus aplicaciones prácticas. También comentan que el adobe como material de construcción para uso habitacional ha sido utilizado por miles de años por los pueblos indígenas de América, tanto en el suroeste de los Estados Unidos como en Mesoamérica y la región andina en Sudamérica. Actualmente el 50 por ciento de las casas del mundo, están construidas con este material. La utilización del adobe representa una alternativa viable para resolver el problema de la falta de vivienda, a través de la propuesta de una casa autoconstruible de bajo costo. Sin embargo, una limitante para desarrollar tal alternativa consiste en que la mayoría de las técnicas constructivas tradicionales que utilizan materiales obtenidos a partir del suelo son resultado del conocimiento empírico, generalmente asistemático, varía en cada cultura y región y carece de una terminología interdisciplinaria. Por lo tanto, difícilmente esta opción ofrece, de modo directo, una base tecnológica universalmente válida.

El adobe artesanal es ampliamente utilizado por la abundancia de sus componentes, su bajo costo, y la excelente protección que brinda ante condiciones climáticas adversas. Su proceso de fabricación consiste en elegir una zona cercana al predio de construcción para excavar y extraer tierra, la cual se combina con pasto seco y agua hasta lograr una consistencia pastosa. “La mezcla es vertida en moldes de madera y se deja secar al aire libre. La compactación manual o en prensas, o el empleo de estabilizantes o cementantes en la pasta son poco comunes” (Arroyo y otros, 2013: 169). El adobe reforzado con fibras vegetales además de aportar las ventajas ya mencionadas, también podría apoyar al trabajo de artesanos mexicanos. Ya que la actividad artesanal ha formado parte de la historia del hombre. Una de las funciones más importantes ha sido la de, precisamente, mantener la identidad cultural, y son el reflejo de los orígenes del hombre, de sus costumbres y tradiciones. Por otro lado, éstos también cumplen con una función económica, esta función, permite tener acceso a fuentes de trabajo y con ello, permitir la subsistencia de algunas comunidades.

Tradicionalmente la mezcla más utilizada para la elaboración de adobe contiene un 20% de arcilla y un 80% de arena y agua, se introduce en moldes, y luego se deja secar al sol por lo general de unos 25 a 30 días. Para impedir que se agriete al secar se añaden a la masa fibras naturales como paja, zacate, crin de caballo, heno seco, que sirven como armadura. Se han realizado diversas investigaciones acerca de la fabricación de adobes. En los resultados de los estudios de Rodríguez-Díaz y otros (2014), se dan recomendaciones para evitar el ascenso de la humedad por capilaridad, sobre la velocidad de levantamiento, la longitud de muro adecuada, el mortero de unión tanto de adobes entre sí como de adobe con otro material, el cerramiento, los dinteles, la protección de vanos así como para el revestimiento adecuado para la protección del muro de adobe del intemperismo.

Fotografía 3: Molde para adobes



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

La transformación del adobe ha permitido modificar, controlar y estabilizar diferentes propiedades inherentes al material. Entre las principales, se distinguen la plasticidad, adhesividad, compactación, espacio poroso y fundente. La incorporación de materiales orgánicos tales como ramas, pasto o paja en la pasta de suelo, ha permitido una adecuada aglutinación, alta resistencia a la intemperie y dureza para que no se agriete.

Otras investigaciones muestran algunas ventajas, según Hernández y otros (2014), quienes utilizaron una metodología para la estimación de la vida útil o vida de servicio de cualquier activo construido, utilizando ISO 15686, concluyeron que este método no es perfecto, sin embargo, su propuesta metodológica es de gran ayuda para la estimación somera, rápida y aproximada de la vida útil de los edificios o de componentes de edificios que se requiera para diseñarse y construirse, ya que, este método es muy útil para arquitectos, constructores, ingenieros civiles y desarrolladores inmobiliarios.

1.1.1.2 El agave

El género *Agave* se refiere a la familia *Agavaceae*, a la cual pertenecen otros ocho géneros de plantas mexicanas, como los amoles (géneros *Beschorneria*, *Manfreda*,

Polianthes y *Prochnyanthes*), pitas (*Furcraea*), samandoques (*Hesperaloe*), e izotes (*Hesperoyucca* y *Yucca*). De estos géneros de Agavaceae, dos son muy diferentes. El género *Yucca* tiene un estimado de 49 especies, es decir, juntos agaves y yucas, cuentan con 257 de las 293 especies en la familia (Good-Avila; Souza; Gaut y Eguiarte, 2006), planta que se usa en la fabricación del tequila y el mezcal.

Así también, existen los tipos *angustifolia*: *cupreata*, *tequilana*, *durangensis*, *maximiliana*, *univittata*, *potatorum*, *americana*, *oaxacensis*, *karwinskii*, entre otras. En el siguiente mapa se pueden observar los tipos y su región de producción.

Mapa 1: Regiones productoras de mezcales en México



Fuente: CONABIO, 2006.

De los géneros de agave, el *Angustifolia* es de mayor distribución en nuestro país, este tipo de agave tiene una gran plasticidad morfológica, por lo que suele confundirse con otras especies de agave. De la especie *angustifolia* descienden el tequila (*A. tequilana*) y el henequén (*A. fourcroydes*), valorados durante generaciones para obtener azúcares

y fibras, respectivamente (Montes, 2014). Las partes que componen a un agave se observan en la siguiente

Imagen 1: Partes del agave



Fuente: CONABIO, 2006.

El agave *angustifolia* presenta una roseta de 1.5 m de ancho por 1m de alto, hojas rectas angostas y rígidas, color verde claro a grisáceo, floración de enero a mayo en el norte y de julio a octubre en el sur, se reproducen con semilla, bulbillo e hijuelo (CONABIO, 2006).

Una variante botánica de la familia *angustifolia* es el *angustifolia haw*, también llamado maguay espadín, el cual es el más ocupado para la elaboración de mezcal en México. Este tipo de agave, recibe su nombre por el botánico inglés que lo clasificó por primera vez: Adrian Hardy Haworth, este agave será empleado para fines de la presente investigación.

Fotografía 4: *Agave Angustifolia Haw*



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Los productos del agave como son el tequila y el mezcal, actualmente, refieren gran popularidad y cuentan con denominación de origen mexicano. El Tequila se obtiene de la extracción de azúcares a partir de la cocción del agave, que da lugar a una corriente de residuos llamada “bagazo”, un producto secundario fibroso. En 2015, México produjo 248.3 millones de litros de tequila² generando alrededor de 300 a 500 kilotoneladas de bagazo. El 90% de estos residuos se reutilizan en compostaje,³ sin embargo, este proyecto propone una ruta alternativa de alto valor añadido mediante el desarrollo de un innovador biomaterial compuesto a partir de bagazo para ser utilizado en la producción de adobes. Esto permitirá que algunas empresas crezcan a través de la diversificación de nuevos productos basados en biomateriales y proporcionando crecimiento económico y social; es decir, mediante la creación de empleo. Los productores de tequila y mezcal tendrán la oportunidad de convertir sus residuos en materia prima valiosa.

² Consejo Regulador del Tequila, 2015.

³ Cámara Nacional de la Industria Tequilera, 2015.

El mezcal es una bebida alcohólica destilada mexicana, según comenta García (2018), hecha de corazones de diversas especies de agave, comúnmente conocidas como magueyes. La palabra mezcal deriva del náhuatl *metl* que significa agave e *ixcalli* que significa cocido, refiriéndose al corazón o piña, cocido del maguey.

De la producción de tequila o mezcal se obtienen dos tipos de subproductos (bagazo de caña y hojas) que por su masa pueden ser considerados como una fuente de fibras (aproximadamente 300.000 toneladas de bagazo en 2013).⁴ En la actualidad existen varias opciones para deshacerse del bagazo, pero la gran cantidad de residuos abre las puertas para una reutilización innovadora. Hasta la fecha, el uso de los productos secundarios y fibrosos del agave como material compuesto reforzado para la fabricación de productos con alto valor añadido no se ha investigado suficientemente. La valorización del bagazo y la experiencia con productos con base en el agave, sentará las bases para el nuevo biomaterial compuesto.

1.1.1.3 El adobe con fibras vegetales

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, en Colozio y otros (2013), eligió el 2009 como el Año Internacional de las Fibras Naturales, lo que demuestra la importancia socioeconómica, ambiental y cultural que estas fibras presentan en la generación de ingresos y valor cultural.

Actualmente el uso de fibras vegetales permanece como material constructivo, tal es el caso del adobe, esta aplicación es muy similar en los biocompósitos. También en estudios de valoración contingente se aprovecha su existencia ya que son promovidos a través de programas y concursos regionales como el FONART, como parte del rescate de patrimonios culturales materiales. La consideración de las fibras como un recurso cultural y económico está en función de su valor de uso como patrimonio artesanal y cultural. La reinterpretación de la cultura, como una herencia, en la relación naturaleza-humano se da a través de un patrimonio natural y un patrimonio social.

⁴ RSA, Report 01, 2013.

El adobe contempla valores de identidad en nuestro país y en diversos contextos, estos valores en la opinión de Vázquez y Munguía (2015), pueden constituirse en círculos temáticos: valores socioculturales, económicos o tecnológicos inscritos en una dinámica ambiental que los hace sustentables. Las fibras vegetales han dado identidad y duración al patrimonio cultural y artesanal. Como ejemplo de este tipo de productos, se tiene el diseño de joyería con biocompuestos, diseño de *packaging*, además de los materiales de construcción (Islas, 2014). Este tipo de fibras vegetales tiene grandes virtudes mecánicas y físicas dado que compiten contra las fibras provenientes de fuentes no renovables como el petróleo. Resultan innumerables las razones o justificaciones para el uso sustentable del adobe, entre ellas, con fibra de agave.

Se han realizado diversas investigaciones y propuestas para la construcción de bajo costo con adobes reforzados, tal es el caso de la fibra de coco, en la experiencia de Roux y Olivares (2002), en pruebas de absorción y permeabilidad se comprobó también un mejor comportamiento de los ladrillos realizados con prensa hidráulica, ya que se obtuvo una reducción de 23,12% en los ladrillos fabricados con este tipo de prensa y en cuanto a la permeabilidad se consiguió una reducción del 47,09%, sin embargo, la fibra de coco hace más poroso al material y esto le perjudica en zonas húmedas. El refuerzo de fibra de coco sólo produce mejoras en el incremento de la resistencia a flexión. Cobreros (2009), propuso el uso de material fibroso: Sisal, cáñamo, estopa de coco, bonote, aserrín, paja de cereales, cáscara de arroz, hierbas y diferentes ramajes, como refuerzo de retracción y encontró muchas ventajas sustentables.

Fotografía 5: Tierra con fibras de agave



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Actualmente se han realizado investigaciones de adobe con bagazo de agave *Angustifolia haw*, según Caballero y otros (2010), los resultados demostraron mejores propiedades mecánicas que los adobes comunes, sin embargo, las diferencias con esta tesis son las siguientes: el tipo de suelo, el proceso del adobe (artesanal vs compactado), tamaño de los bloques y concentración de las fibras.

Para el caso que nos ocupa, se puede ofrecer material constructivo como el adobe de calidad, de bajo costo y con beneficios térmicos y aislantes que difícilmente tienen otros materiales. La construcción de vivienda generalmente, se realiza con materiales costosos y muchas veces contaminantes en su fabricación, por ello, aquí se propone el reforzamiento de bloques de adobe con material de residuos de agave como estrategia de sustentabilidad.

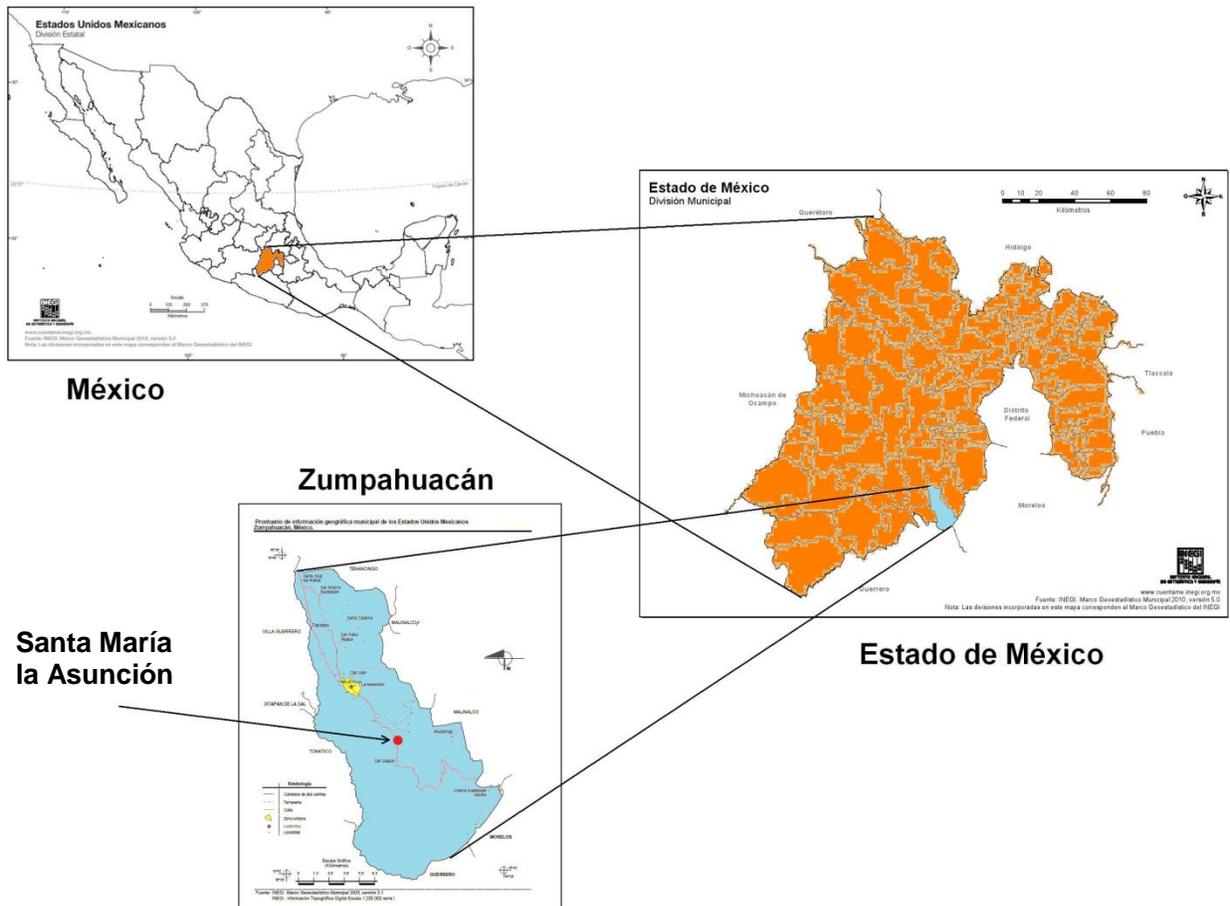
Además, resulta muy relevante el valor identitario, social y cultural que implica la construcción con adobe para los mexicanos, toda vez que esta práctica ancestral además del valor sobre el cuidado ambiental, no rompe con los usos y costumbres de los pobladores de la región motivo de estudio o, en cualquier otra comunidad de nuestro país. Dentro de las visitas de campo se pudo observar la realidad rural de la comunidad incluyendo aspectos arquitectónicos, económicos y sociales.

1.2 Regionalización de la zona de estudio

1.2.1 Ubicación geográfica del municipio de Zumpahuacán

El municipio de Zumpahuacán, forma parte de los 125 municipios del Estado de México y forma parte de la región de Ixtapan de la Sal, es decir, la región VII. Colinda al norte y noroeste, con Tenancingo; al este, con Malinalco; al sudeste, con el estado de Morelos; al sur y suroeste, con el estado de Guerrero; al oeste, con Tonatico e Ixtapan de la Sal y al noroeste, con Villa Guerrero. Cuenta con una superficie de 20,154.20 hectáreas, siendo su cabecera municipal Zumpahuacán. Ocupa menos del 1% de la superficie del Estado de México.

Mapa 2: Ubicación geográfica de Santa María La Asunción en el contexto del municipio de Zumpahuacán, México



Fuente: Elaboración propia con base en mapas de INEGI, 2009.

1.2.2 Datos demográficos, topográficos y climáticos

La organización social de Zumpahuacán está basada en barrios y comunidades. La cabecera municipal está dividida en barrios (La Ascensión, San Miguel, San Mateo, San Agustín, Santa Ana, San Juan, La Cabecera y San Pedro) los cuales están conformados por mesas que designan sus habitantes, compuestas por delegados, tesoreros, escrutadores, secretarios, etc. El municipio para su gobierno, administración y organización se divide en las siguientes categorías:

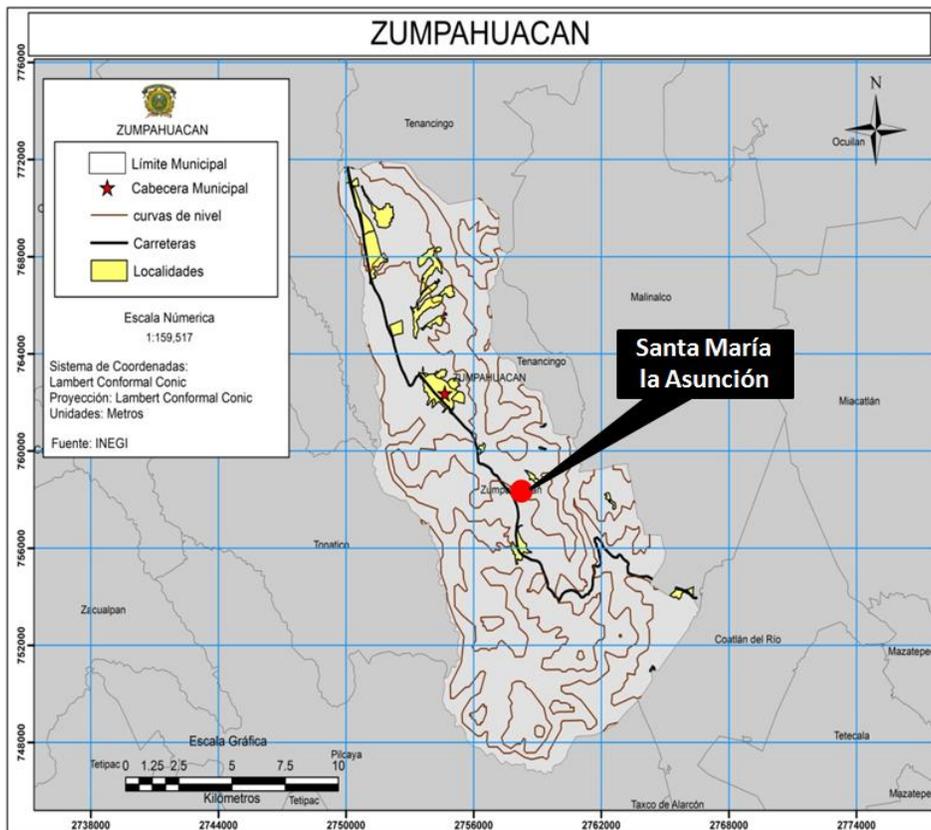
Tabla 1: Categorías administrativas del municipio de Zumpahuacán

Categoría Administrativa	Total
Cabecera Municipal (dividida en 8 barrios)	1
Localidades	20
Caseríos	4
Total General	32

Fuente: Gobierno de Zumpahuacán en Atlas de Riesgos de Zumpahuacán (2016-2018).

La mayor parte de la población radica en la cabecera municipal. En el siguiente mapa se pueden observar las principales localidades de la entidad, al igual que la cabecera municipal y algunos caseríos.

Mapa 3: División territorial de Zumpahuacán



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2009.

Demografía

En la encuesta Intercensal del INEGI del 2015, arrojó que Zumpahuacán cuenta con una población de 16,927 habitantes de los cuales, 8,069 son masculinos y 8,858 femeninos.

Tabla 2: Población de Zumpahuacán

POBLACIÓN TOTAL POR GRANDES GRUPOS DE EDAD SEGÚN SEXO 2015			
Edad	Hombres	Mujeres	Total
0-4 años	981	945	1,926
5-14 años	1,936	1,883	3,816
15-64 años	4,598	5,371	9,969
65 ó + años	542	645	1,190
No especificado	12	14	26
Total	8,069	8,858	16,927

Fuente: Gobierno de Zumpahuacán en Atlas de Riesgos de Zumpahuacán (2016-2018).

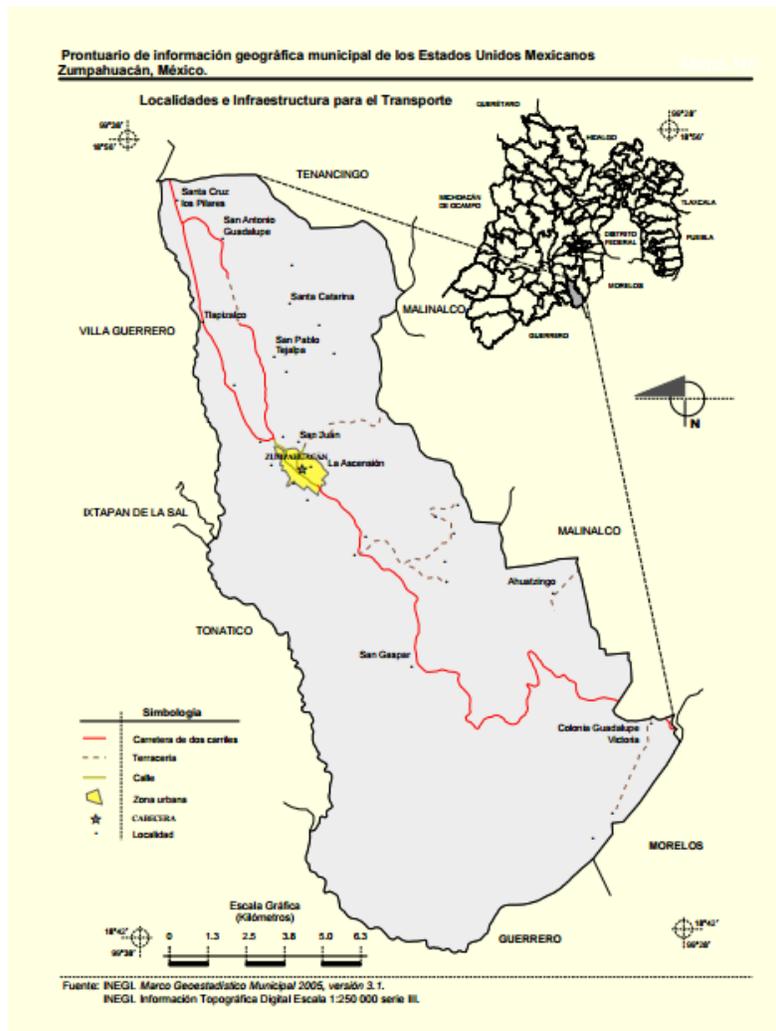
Actividades económicas

Zumpahuacán es un municipio rural cuya actividad preponderante es la agricultura. Según el Atlas de Riesgos de Zumpahuacán (2016-2018). Esta actividad representa el 89.40% de la extensión territorial, siendo su principal cultivo el maíz, la agricultura de temporal representa el 78.61 % de la actividad y la de riego el 8.81%. Este municipio depende económicamente del municipio de Tenancingo ya que en este se realiza la comercialización de sus productos y es prestador del equipamiento de salud y administración.

La agricultura es la base económica de este municipio y la instalación de invernaderos productores de flor como Zumpaflores y las cañadas han generado una fuente importante de trabajo, se estima que unas 900 personas trabajan dentro de los diversos invernaderos del municipio, una actividad importante en la zona sur del municipio. Mientras tanto dentro de los poblados que se ubican en las zonas montañosas y en San Gaspar principalmente es la producción de mezcal, actividad en la que se cuenta con 23 alambiques productores y en la que se generan 1400 empleos temporales al año en las diferentes fases de la producción. En la comunidad del Ahuatzingo la recolección de

hojas de palma y la producción de ciruela de hueso (*spondias purpurea*) son la principal fuente de ingresos de los pobladores (Plan Municipal Zumpahuacán, 2009-2012, citado en Montes, 2014). Las carreteras que conectan con el municipio de Tenancingo son las más transitadas, ya que es el centro comercial de la región. En el siguiente mapa se observan las vías de transporte, clave en el desarrollo económico de la región.

Mapa 4: Infraestructura y carreteras en el municipio.

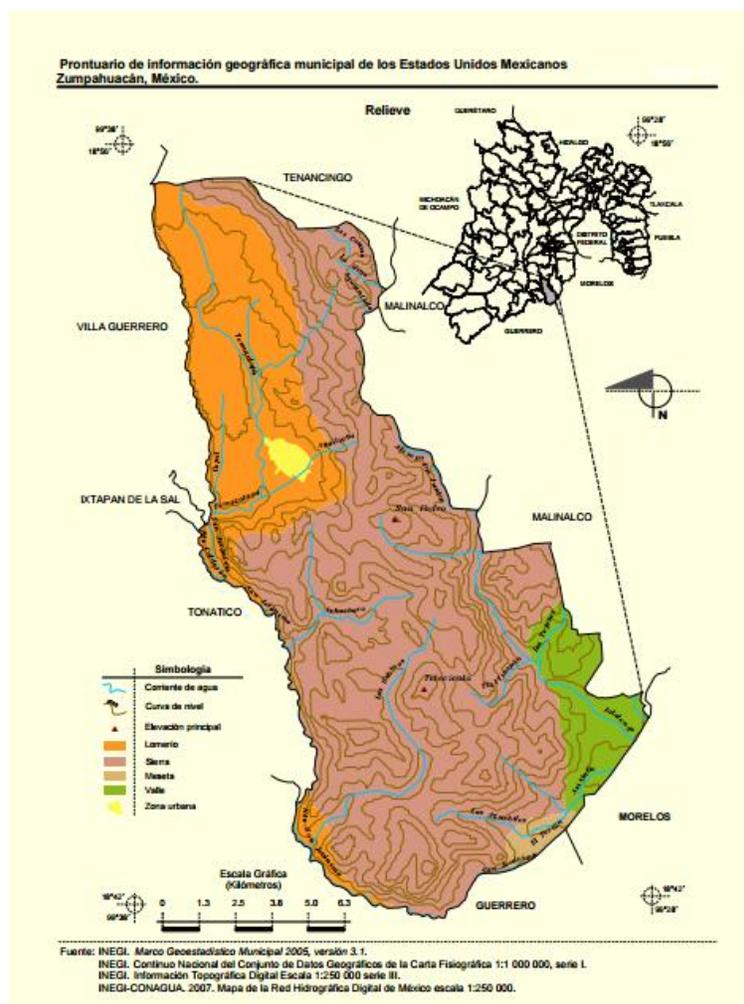


Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, INEGI 2009.

Topografía

Se encuentra en una zona rocosa, principalmente, su altura promedio es de entre 1,939 a 2,800 metros sobre el nivel del mar. Si se considera que el municipio de Zumpahuacán se encuentra en una zona montañosa y serrana, la elevación más alta la ocupa el cerro de Totzquihua con 2,800 msnm y la mayoría de los cerros fluctúa entre los 2000 msnm, por tanto se encuentran a una altura promedio de 2,000 a 2.2000 msnm (Altas de Riesgos de Zumpahuacán 2016-2018).

Mapa 5: Perfil topográfico del municipio



Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, INEGI 2009.

Tipos de suelo

En lo que respecta al tipo de suelo, Salomón González, en su libro *Zumpahuacán el viejo*, (citado en Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zumpahuacán, 2014), comenta que el municipio está asentado entre montañas y ríos, por lo que es fácil encontrar suelos arenosos, arcillosos, calizos y humíferos, así como pedregosos y elevaciones en una cantidad muy considerable. El suelo tiene una profundidad media de 25 a 20 cm, y éste reacciona en forma negativa en el lado oeste de Zumpahuacán, mientras que en el este, el suelo es de formación in-situ derivado de rocas ígneas, de profundidad media de 25 a 50 cm, somero de 0 a 25 cm, con piedra en la superficie y en el perfil, el color varía de castaño muy oscuro a castaño oscuro y castaño amarillento, la textura es arcillosas, estructura blocosa-angular, consistencia dura, y el drenaje interno es medio. La mayoría de los suelos en las partes altas son pedregosos de color blanco, con textura dura; en ellos, es aprovechado para sembrar principalmente maíz y frijol, y se aprovecha cuando es temporada de lluvias; estos suelos son muy permeables y calcáreos, en las partes bajas se encuentran arenales debido al intemperismo.

Según el Atlas de Riesgos de Zumpahuacán (2016-2018), se encuentra una clasificación de seis tipos de suelo que se presentan en diversas partes del municipio:

a) Acrisol: El término se deriva del vocablo latino "acris" que significa muy ácido, haciendo alusión a su carácter ácido y su baja saturación en bases, provocada por su fuerte alteración. Los Acrisoles se desarrollan principalmente sobre productos de alteración de rocas ácidas, con elevados niveles de arcillas muy alteradas, las cuales pueden sufrir posteriores degradaciones. Predominan en viejas superficies con una topografía ondulada o colinada, con un clima tropical húmedo, monzónico, subtropical o muy cálido. Los bosques claros son su principal forma de vegetación natural. La pobreza en nutrientes minerales, la toxicidad por aluminio, la fuerte absorción de fosfatos y la alta susceptibilidad a la erosión, son las principales restricciones a su uso. Existen grandes áreas de Acrisoles que se utilizan para cultivos de subsistencia, con una rotación de cultivos parcial. No son muy productivos salvo para especies de baja demanda y tolerantes a la acidez como la piña, caucho o palma de aceite.

b) Andosol: Es el suelo negro que hay en los volcanes y sus alrededores. Esta palabra viene de dos palabras japonesas “an” que significa negro y “do” que significa suelo. Se desarrollan sobre cenizas y otros materiales volcánicos ricos en elementos vítreos. Tienen altos valores en contenido de materia orgánica, sobre un 20 %, además tienen una gran capacidad de retención de agua y mucha capacidad de cambio. Se encuentran en regiones húmedas, del ártico al trópico, y pueden encontrarse junto una gran variedad de vegetales. Su rasgo más sobresaliente es la formación masiva de complejos amorfos humus-aluminio.

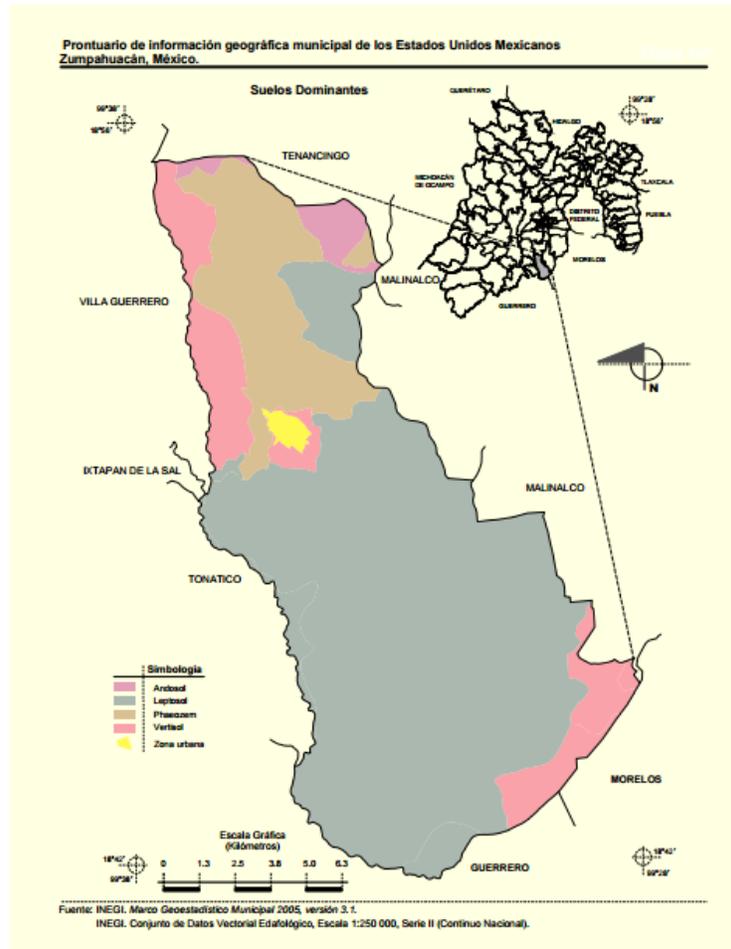
c) Feozem: Son suelos con igual o mayor fertilidad que los vertisoles, ricos en materia orgánica, textura media, buen drenaje y ventilación, en general son poco profundos, casi siempre pedregosos y muy inestables, restringiendo por ello su uso en la agricultura permanente, pudiéndose utilizar en el cultivo de pastos, aunque se recomienda mantenerlos con vegetación permanente.

d) Litosol: Prácticamente se trata de roca, lo cual representa una restricción para el uso urbano ya que su potencial de excavación es sumamente bajo; además, se encuentra en zonas con pendientes pronunciadas.

e) Rendzina: Los suelos rendzina se forman sobre una roca madre carbonatada, como la caliza, y suelen ser fruto de la erosión.

f) Vertisol: Se forma típicamente de rocas altamente básicas tales como basalto en climas estacionalmente húmedos o sujetos a sequías erráticas y a inundación. Dependiendo del material parental y del clima, pueden oscilar del gris o rojizo al más familiar negro (tierra negra) los vertisoles están cubiertos de pastos o bosques pastizados. Su textura pesada e inestable afecta el crecimiento forestal. La contracción y expansión de las arcillas del Vertisol dañan construcciones y carreteras, obligando a costosas realizaciones y mantenimientos. Las tierras con Vertisoles se usan generalmente para pastoreo de ganado (Atlas de Riesgos de Zumpahuacán, 2016-2018).

Mapa 6: Tipos de suelo en el municipio



Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, INEGI 2009.

El aprovechamiento de suelo en este municipio se clasifica según el Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zumpahuacán (2014) en:

- Tierras agrícolas: que a su vez pueden ser de temporal, de riego o definitivamente tierras que están ociosas.
- Tierras de uso pecuario: que pueden ser de uso intensivo o extensivo.
- Tierras de uso forestal: pueden ser de bosques o arbustivas.
- Tierras de uso urbano: zonas no agrícolas relativas a la ciudad.

Hidrografía

El sistema de ríos del municipio pertenece a la cuenca hidrológica del río Balsas, según reporta el Atlas de Riesgos de Zumpahuacán (2016-2018), el río más grande permanente recibe los nombres de río Tenancingo o río San Jerónimo y sirve de límite natural por el oeste con Villa Guerrero, Tonatico y el Estado de Guerrero. Otro río importante en el municipio es el Temozolapa, que se une al río Tenancingo y forma el río San Jerónimo. Existen mantos acuíferos bajo las calizas cretácicas y a eso se debe que se dificulte su extracción, sin embargo, hay 17 manantiales y 35 bordos, entre los particulares y los que se han construido a través de los programas federales y estatales, no obstante, estas obras resultan insuficientes para captar el agua durante el período de lluvias. Existen los siguientes arroyos intermitentes: Colorado, Los Sauces, La Maroma, Cañada, Campo Santo, La Cubeta, Canoas, Colostlita, Ayotlicha, Atempa, Las Juntas, Apango, Achochoca, Los Sabinos, Tlaltizapán, Jalatengo, Acamilpa, Arabecha. Además, el Tlalpehuapan, Los Azuchiles, Copal, Tejones, Tultengo, Tunango y Temozolapa. Todos ellos forman parte de la cuenca del Balsas.

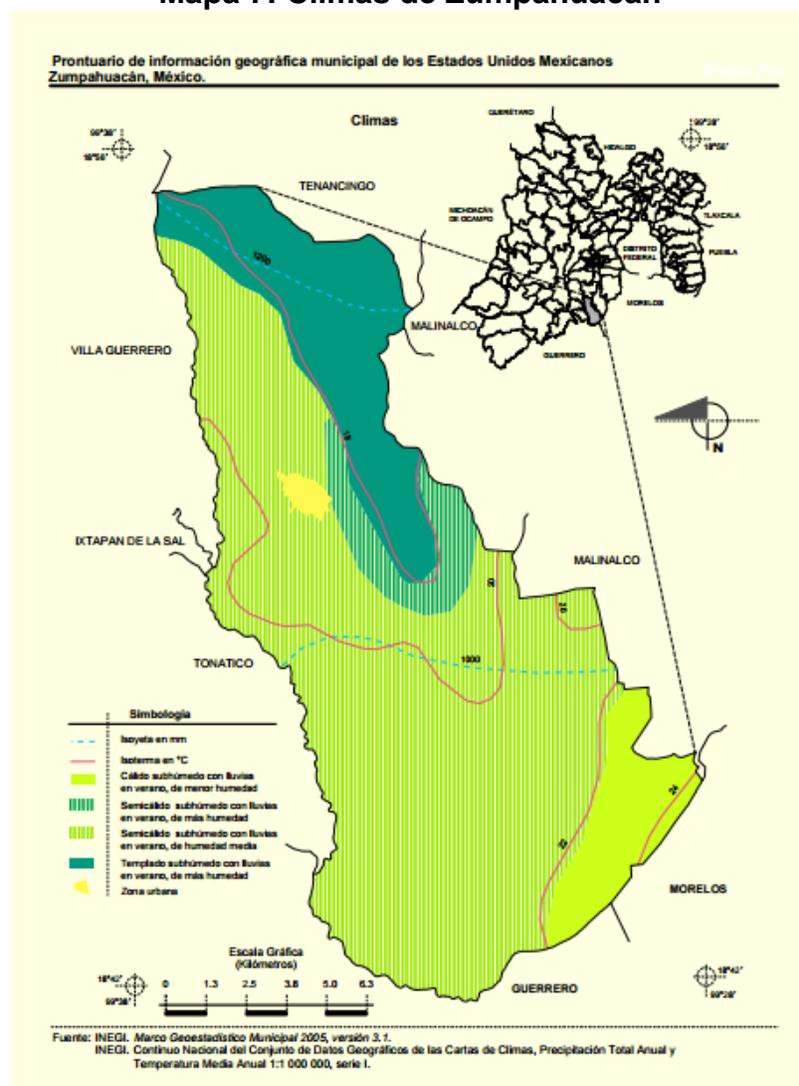
En la Zona conocida como El Llano, existen dos presas importantes por el volumen de agua que guardan para riego: Una, en Tlapizalco, y, la otra, en el Pedregal, cerca de Los Pilares. En esta región hay alrededor de 15 bordos y represas que se utilizan para riego. Dentro de los compromisos asumidos por esta Administración, está la construcción una Presa que permita el almacenamiento de agua durante las estaciones húmedas y que durante todo el año se pueda utilizar la captación de agua para el riego de cultivos de flor, fresa y otras producciones agrícolas. En cuanto a la precipitación pluvial, se considera que gran parte de las lluvias son de verano con un régimen pluvial promedio de 650 milímetros; el mes del año en que más precipitación se presenta es junio y la mínima se observa en febrero.

Clima

El clima de Zumpahuacán se compone de varios microclimas, sin embargo, predominan: el templado semicálido subhúmedo con precipitación invernal, menor al 5% con poca variación térmica y la temperatura más elevada, ideal para cultivar flores y

árboles frutales. En cuanto a la precipitación pluvial, se considera que gran parte de las lluvias se presentan en verano, el mes más lluvioso es junio y en febrero se observa la precipitación mínima. La precipitación se encuentra entre un rango de 1 000 – 1 500 mm y un rango de temperatura de 16° - 24°C (Casanova, 1999). La temperatura más elevada se origina antes del solsticio de verano y una temperatura media anual de 14°C, localizándose este clima en las poblaciones de San Antonio Guadalupe, Santa Cruz los Pilares, San Pablo Tejalpa y la cabecera municipal (Atlas de Riesgos de Zumpahuacán, 2016-2018).

Mapa 7: Climas de Zumpahuacán



Fuente: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, INEGI 2009.

Flora

Debido a los dos climas predominantes, templado subhúmedo y semicálido subhúmedo, este municipio cuenta con una gran variedad de especies vegetales. Existen desde Coníferas, hasta caña de azúcar y frutas tropicales, debido a los diferentes factores y elementos naturales que conforman el paisaje de bosque mixto de hojas caducas y selva baja caduciforme.

A continuación, se describe el tipo de vegetación que presenta el municipio (Casanova, 1999). Clases de madera: ámate, copal blanco, copal chino, palo blanco, palo dulce, zompantli (colorín), guaje, cabrigo, parota, pochote, quebracho, capulincillo, calagua, sabino, palo prieto, fresno, cedro blanco, cedro rojo, aile, guamuchil, tepehuaje, sauce, pino, encino, guayacánchato, clavellino, cazahuate, espino, jacaranda. Árboles frutales como: guayaba, ciruela huesuda, ciruela agria, aguacate, plátano, lima, limón, naranja dulce, naranja agria, uva silvestre, mango criollo, timbiriche, jícama, caña de azúcar, granada cordelina, granada de moco, pera, nanche, anona, chirimoya, arrayán, camote, durazno, fresa. Otras especies: maguey mezcalero, maguey pulquero, cacahuate, tezonquelite y cacalozuchil. Legumbres y semillas: maíz, frijol, quelites, haba, chícharo, cilantro, verdolaga, vinagrera, zanahoria, perejil, apio, hierbas silvestres y plantas medicinales: borraja, carrizo, mozote, acahual, chayote, helecho, escafiate; cedro, romero, ruda, tabaquillo, borraja, malva, ajeno, tila, ámbar, árnica, Santa María, hinojo, cola de caballo, copal chino, camote de indio, coyotomate, cáscara de granada cordelina; cuachalalate, colorín; tlalamate, clachichinol, gordolobo, prodigiosa, chichicastli, capitaneja, caña de castilla, cebolla morada, epazote de perro, morado o comestible; hiebabuena, toronjiles, yerbamora, hítamo, mexal, muicle, mixpacle, manrubio, posquelite, té de monte, té negro, zapote blanco, toloache, grama, y otras plantas no estudiadas que podrían servir al hombre (Plan de Desarrollo Urbano de Zumpahuacán, 2016).

1.2.3 Santa María la Asunción

Esta localidad se encuentra al sureste del municipio de Zumpahuacán, a una altura aproximada de 1840 metros sobre el nivel del mar. Aproximadamente a 5 kilómetros de distancia de San Miguel Zumpahuacán y 23 kilómetros de Tenancingo.

Mapa 8: Vista aérea y mapa de Santa María La Asunción



Fuente: Mapa digital INEGI, 2019.

Tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual de 14°C. Santa María la Asunción es una comunidad rural, la cual en el año 2005 contaba con 319 habitantes y al día de hoy la población es de alrededor de 450 habitantes. El 0.004% de la población es indígena, además existen centros educativos como el colegio Fernando Montes de Oca, Ignacio Zaragoza y Emiliano Zapata.

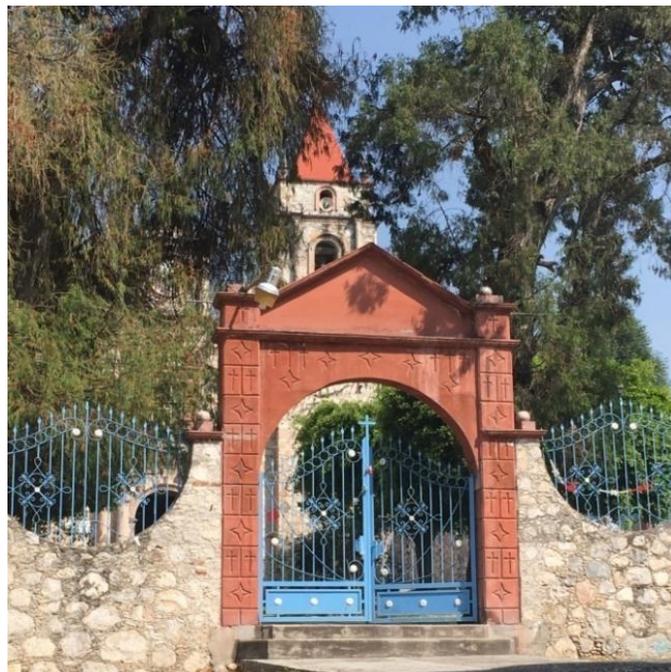
Fotografía 6: Casa en Santa María la Asunción



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

La población de la comunidad se dedica principalmente a la agricultura (maíz, frijol, calabaza) y a la industria del mezcal (con 23 productoras, pertenecientes a “La Asociación de Productores de destilados de agave de Zumpahuacán, S.C.”) y a la industria minera de cal y arena. Para obtener productos de calidad y educación de nivel superior la población tiene que emigrar a la cabecera municipal o al municipio de Tenancingo. Algunos de los atractivos de la zona son los templos religiosos de la Natividad de María Santísima, San Gaspar y San Pablo Tejalpa.

Fotografía 7: El Templo principal



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Muchas de las viviendas aun existentes en Santa María la Asunción tienen una antigüedad de 70 años y se encuentran en buenas condiciones, en otros casos están deterioradas por las inclemencias del tiempo o bien, requieren de un mantenimiento adecuado.

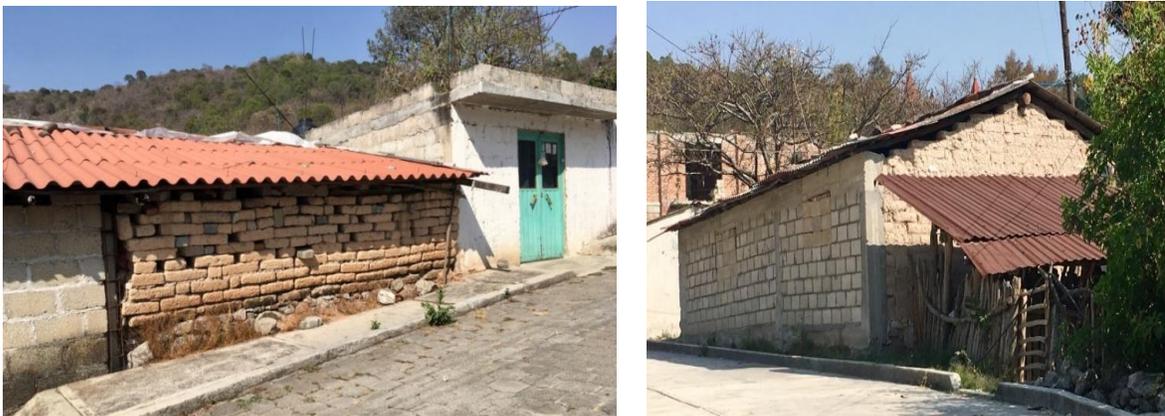
Fotografías 8 y 9: Casas tradicionales



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

La comunidad de Santa María la Asunción consta aproximadamente de 87 viviendas, construidas en su mayoría con adobe, con materiales nuevos o una combinación de ellos. En la actualidad se ha incrementado el uso de materiales para la construcción como el block (elaborado con cemento, arena y agregados), láminas y polímeros, principalmente.

Fotografías 10 y 11: Casas de tipo mixto (adobe y block)



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Es importante notar que las viviendas construidas con adobe están disminuyendo en la región; esto, debido a los bajos costos de los nuevos materiales (como el block gris), los cuales, no compiten con las propiedades térmicas, acústicas, ecológicas y de identidad social y cultural que tiene el adobe.

Fotografías 12 y 13: Casas de adobe en Santa María



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Aproximadamente a un par de kilómetros del centro de Santa María la Asunción, se encuentran las mezcaleras, todas ellas forman parte del grupo “La perla del Cascomite” y son administradas cada una, por un maestro mezcalillero diferente. Para fines de esta tesis se trabajó directamente con el maestro mezcalillero José Luis Medina Millán, quien posee un terreno para el cultivo y elaboración del mezcal (ver fotografías 14 y 15).

Fotografías 14 y 15: Vista aérea y lateral de la mezcalera “La perla del Cascomite”



Fuente: Mapa digital INEGI, 2019 y fotografía propia.

1.2.4. El adobe en la región

Para conocer las cualidades del adobe de la región es pertinente considerar los materiales que lo componen:

El suelo: se observa que en ciertas regiones se pueden apreciar pequeños espacios ocupados por tierras calizas, descansando sobre pizarras y arcillas, estas calizas corresponden al cretácico medio inferior y presentan una estructura y textura compacta. Además se cuenta con mármoles, dolomitas, pórficos y otros minerales como el hierro, oro y plata, que no se explotan por su pobre cantidad de calidad de producción e incosteabilidad (Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zumpahuacán, 2014). El tipo de suelo idóneo para la elaboración de adobe es el arcilloso.

El zacate: Es de tipo silvestre, aquel que crece en lomeríos y riveras de los ríos.

El Agua: recurso obtenido de cuerpos de agua, manantiales y/o pozos.

Fotografía 16: Agua en guaje



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Los adobes de la región tienen un tamaño y un peso superior al adobe común, esto de acuerdo a las necesidades constructivas y las propiedades físicas requeridas para la comodidad de los habitantes de las viviendas de esta región. Las características técnicas de los adobes se mencionan en el capítulo siguiente.

Fotografía 17: Pared de adobe de una vivienda



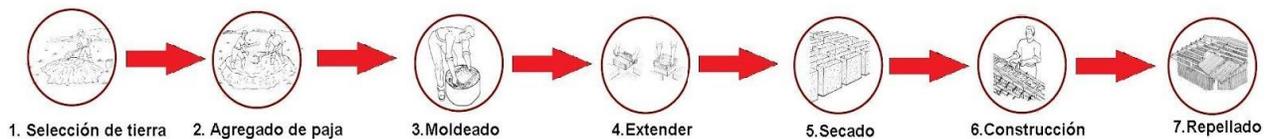
Fuente: Trabajo de campo, 2018.

La elaboración del adobe en esta comunidad se remonta a tiempos remotos en nuestro país, así como el proceso artesanal de su producción. En esta región del municipio abundan viviendas cuyos muros son parcial o completamente de adobe.

1.2.4.1. Proceso de producción

El adobe como se explicó en el apartado 1.1.1.1 es un material de construcción ancestral, el cual adquiere distintas características según la región, debido a factores como: la temperatura del ambiente, el tipo de suelo, la composición del agua, las fibras naturales, las tradiciones del lugar, las necesidades, las actividades económicas, entre otros, haciendo que cada bloque sea único. Los adobes elaborados en Santa María la Asunción tienen características originales y el proceso de su elaboración también. Elaborados por el maestro adobero Tomas Vieira Vega desde hace 71 años. En la siguiente figura se pueden observar las etapas del proceso de elaboración del adobe:

Imagen 2: Proceso de elaboración del adobe



Fuente: Elaboración propia con base en Castillo, Parra y otros, 2009.

Para fines de esta investigación se realizaron en campo las primeras cinco etapas de la producción del adobe, la construcción y el repellado sólo se examinaron teóricamente. Las etapas se enlistan a continuación:

1) Selección de tierra:

Es muy importante elegir el tipo de tierra adecuado para la elaboración de adobes de lo contrario los bloques pueden agrietarse fácilmente o desbaratarse. La tierra óptima es aquella que es rica en arenas, limos y arcilla. La variación de tamaño entre partículas de uno u otro material le da una cualidad benéfica para la construcción (Aguilar, 2014). La región de Santa María la Asunción cuenta con suelos arcillosos útiles para la elaboración de adobe.

Fotografía 18: Tierra seleccionada en adobera



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

El maestro adobero Tomas Vieira tiene almacenada tierra adecuada para elaboración de adobes, tierra que él ha verificado mediante pruebas de sedimentación y granulometría.

2) Agregado de paja:

En esta etapa se realiza la *mezcla*, la cual está compuesta de barro/arcilla, arena y agua, según el volumen de bloques a elaborar. *La mezcla* se elabora con barro, arena y

agua logrando una consistencia pastosa, por último se agregan las fibras naturales. Mezclando y batiendo hasta tener la consistencia deseada. Una *mezcla* ideal lleva 20% barro/arcilla y 80% tierra/arena, zacate y agua, sin embargo, según el maestro Tomas para elaborar 6 bloques de adobe son necesarias 2 carretillas copeteadas de tierra/arena (180kg) por una carretilla de barro (60kg), 3 botes de agua (19ltsx3=58lts) y 36 puños de zacate (2kg). En otras palabras, las proporciones son de 20% barro/arcilla, 60% tierra/arena, 19.4% agua y 0.6% fibras naturales.

Fotografías 19, 20 y 21: Preparación de la mezcla



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

La mezcla debe tener cuatro partes de tierra por una de paja o zacate.

3) Moldeado:

Ya que la *mezcla* está lista se procede a moldear. Las medidas del molde varían según la región de su elaboración, en esta comunidad son de: 40 cm de largo por 20 cm de ancho y 14 cm de alto, como se puede observar en la siguiente fotografía.

Fotografía 22: El molde del adobe



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Las esquinas del molde deben ser atiborradas o colmadas perfectamente y lograr una buena compactación de la mezcla, posteriormente debe rasarse la superficie con una regla de madera para lograr un mejor perfil de la pieza, por último, se retira el molde con un movimiento firme hacia arriba y el propio peso del bloque facilita el desmolde (Aguilar, 2014).

Fotografía 23: Relleno de molde



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

4) Extender:

Al retirar los moldes es importante extender los bloques en un área para su secado. Si al retirar el molde el adobe se deforma, significa que la mezcla tiene excesiva agua, por otro lado, si se agrieta o se fisura la mezcla está demasiado seca. El molde debe limpiarse después de cada uso con un trapo húmedo y espolvorearse con arena antes de comenzar un nuevo adobe para evitar que el barro se le adhiera (Aguilar, 2014).

Fotografía 24: Apisonado de adobe en molde



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

5) Secado:

Es importante seleccionar una superficie horizontal firme, limpia, libre de impurezas y que no absorba excesivamente la humedad.

Fotografías 25 y 26: Secado al sol



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Deben disponerse con un espacio entre adobes para que corra el aire entre ellos, después de tres días los adobes podrán acomodarse de canto para acelerar y completar el secado. Al cabo de la tercera semana los adobes pueden cargarse y apilarse.

6) Construcción:

El proceso de construcción sigue ciertos pasos, los cuales son: cimentación, levantamiento de muros, refuerzos, amarres, albañilería y techos.

Cimentación: Se excava una zanja con una profundidad mínima de 40 cm y ser por los menos de 20 cm más ancha que el muro a construirse. Se debe añadir la mayor cantidad posible de piedra grande, que normalmente constituye la tercera parte del volumen del cimiento, puede adicionarse cemento, arena y gravilla.

Levantamiento de muros: al edificar los muros es importante tomar en cuenta algunas medidas: la longitud de un muro entre dos contrafuertes o muros perpendiculares a él, no debe ser mayor que diez veces su espesor; la altura de los muros no debe ser mayor que 8 veces su espesor (Morales y otros, 1993).

Fotografía 27: Vista lateral de un muro



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Refuerzos: Las construcciones de adobe serán reforzadas para resistir las inclemencias del tiempo y las condiciones sísmicas de la región, los refuerzos pueden ser verticales y/o horizontales. Pueden añadirse vigas, viguetas, geomallas, o alambre para reforzar equinas y juntas.

Amarres: Según la forma del adobe, cuadrado o rectangular, se tendrán distintos tipos de amarres. Los amarres sirven para reforzar las intersecciones de los muros, ángulos en “C”, en “T” o de “cruz”.

Albañilería: Ya terminado el proceso de secado, los adobes se limpian y mojan levemente para que no absorban agua del mortero y así proveer adherencia entre el adobe y mortero. El mortero se prepara con barro y paja en forma similar a la mezcla que se utiliza para la fabricación de adobes, las proporciones volumétricas de los materiales son 1 de barro por 1 de paja o pasto seco (Morales y otros, 1993).

Techos: Se recomienda que los techos sean livianos y de una o dos aguas. Un factor importante es la pendiente y longitud de los aleros de acuerdo a las condiciones climáticas de cada lugar. La pendiente puede oscilar entre los 15 y 30% y los aleros perimetrales una longitud mínima de 50 cm para impedir que los muros sean humedecidos por el agua de lluvia. Según Morales y otros (1993), el sistema tradicional de la estructura del techo consiste en viguetas de troncos de madera apoyadas sobre la viga solera (viga central). Recomienda troncos de eucalipto de cuatro pulgadas de diámetro con un espaciamiento de 60 a 80 cm. Pueden agregarse palos de caña o bambú para reforzar así como plastas de barro de 1.5 pulgadas para evitar agrietamientos o goteras.

Fotografía 28: Casa en ladera de Santa María



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Repellado: El repellado o revestimiento se recomienda para proteger los muros de la humedad y erosión. Existen diferentes maneras de repellar, dependiendo del material que se use y de la forma como se fija al muro. Para este proceso se emplea el mismo barro del muro, con un 50% más de arena y el 2% en peso de paja o pasto seco. Este barro puede estabilizarse con asfalto en una proporción del 2%(Morales y otros, 1993).

Fotografía 29: El revestimiento



Fuente: Naval Salud, 2016. <http://casadepaja.es/taller-intensivo-revestimientos-acabados-tierra-la-bioconstruccion/>

1.2.5. El agave en la región

Por el momento no existen registro oficial que puedan ser consultados públicamente acerca del desarrollo de la actividad mezcalera en el municipio, sin embargo, según, pláticas sostenidas con los maestros mezcalilleros, este destilado de agave tiene más de cien años de producirse. Es en el año de 1995 que pierde el nombre de mezcal debido a la denominación de origen en otros estados y adquiere el nombre de destilado de maguey o agave. Por ejemplo, en el estado de Morelos se le llama *coyote*, actualmente se están llevando a cabo propuestas para ampliar la denominación de origen a otros estados de la república mexicana.

La producción mezcalera de la zona según el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para los años 2005-2006, muestra lo siguiente:

Tabla 3: Producción mezcalera de la región

Año	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
2005	6.00	6.00	300.00	50.00	2,000.00	600.00
2006	3.00	3.00	120.00	40.00	3,000.00	360.00

Fuente: Montes, 2014 con datos de SIAP.

Así mismo, en el Plan Municipal, se señala que en las zonas montañosas del municipio y en San Gaspar la producción del mezcal es la principal actividad, la cual cuenta con 23 alambiques productores y la generación de 1,400 empleos temporales al año en las distintas fases de producción (Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zumpahuacán, 2009-2012).

En el municipio la producción y comercialización del mezcal es regida por La Asociación de Productores de destilados de agave de Zumpahuacán S.C. de E.L. de C. V, la cual a partir de 2008, ha recibido apoyo por parte del gobierno estatal con material para su elaboración: tambos de plástico de grado alimenticio para la fermentación, desgarradores y alambre de púas para el cercado del maguey. En 2012, el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), otorga el registro de marca comercial a la Asociación de “La Perla del Cascomite de Zumpahuacán”.

En la actualidad, dicha Asociación observa una tendencia positiva de crecimiento y es por tal razón que sus socios se han visto comprometidos en una mayor promoción de sus productos en ferias locales, estatales y nacionales (Montes, 2014). Lo cual permite intuir que la producción va creciendo.

La Asociación aún mantiene la tradición y costumbre en el proceso de producción, que se describe en la siguiente sección de este capítulo y que garantiza al consumidor la calidad en el producto seleccionado.

Fotografía 30: Cultivo de magueyes criollos



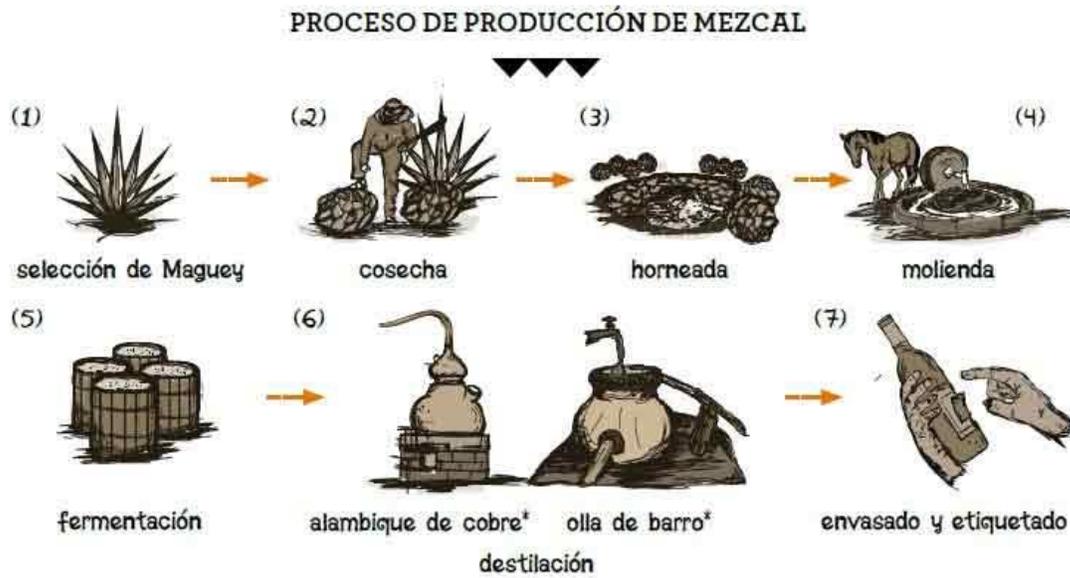
Fuente: Trabajo de campo, 2018.

El proceso del mezcal varía según la región y las costumbres de cada maestro mezcalillero. Los maestros mezcalilleros evalúan la calidad del mezcal y detectan las características del agave, el tipo y procedencia (valle, cañadas, cerros, ambiente, insolación, entre otros); si es una mezcla de varios agaves; si el maguey era de guía o capón; en qué meses se cortó; si se rasuró correctamente; si el cocimiento fue adecuado, cómo y cuántas veces se destiló el mezcal y cómo se ajustó el grado alcohólico (Pérez, 2005). Por ejemplo, en Oaxaca, se cultiva el agave *espadín* y su proceso conlleva de 2 a 3 destilaciones, por ello, el trabajo desarrollado por los maestros es indispensable.

1.2.5.1 Proceso de producción

Con las visitas de campo realizadas a la comunidad de Santa María la Asunción, se pudo documentar el proceso del mezcal de la productora “La perla del Cascomite” la cual está a cargo del maestro mezcalillero José Luis Medina Millán. Este proceso de elaboración es artesanal y orgánico, es decir, no se emplean fertilizantes, químicos, o levaduras. El proceso consta de 7 etapas, como se puede observar en la siguiente figura.

Imagen 3: Etapas en la producción del mezcal



Fuente: <http://revistawin.com/la-mistica-del-mezcal-artesanal-mexicano/>

A continuación, se enlistan y explican las etapas del proceso de producción:

1) Selección del maguey:

Para la producción del destilado de agave se emplea el agave silvestre o criollo, de los cuales, muchos pertenecen a la especie “*Angustifolia Haw*”. Crecen en lomeríos de la región junto a otras especies como palma, frijol y calabaza entre otros.

Fotografía 31: Agave silvestre o criollo



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

2) Cosecha:

En esta etapa se realiza el corte y rapado de las pencas. Las herramientas empleadas son el machete, el hacha y la estaca, como se muestra en la siguiente imagen.

Fotografías 32 y 33: Herramental para corte de pencas



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

El machete se emplea para retirar todas las hojas del agave y dejar descubierta la piña, o también llamada corazón, el hacha es una herramienta que funciona para desprenderla del suelo, para su posterior trasportación hacia el lugar donde se va a construir el horno.

3) Horneado:

Para esta etapa es necesario reunir todas las piñas cosechadas para posteriormente hornearlas. Se zanja previamente un horno hundido, el cual es excavado por los maestros mezcalilleros, estos tienen diferentes profundidades (en promedio 2m) según la cantidad de piñas cosechadas. Se puede observar un sitio adecuado y la manera en que se va construyendo el horno en las siguientes fotografías.

Fotografías 34 y 35: Corazones de agave y horno



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

El horno es rodeado por rocas para evitar fugas, así mismo, es añadido carbón y madera de árboles que crecen en la región como encino (*quercus*), palo dulce (*eysenhardtia polystachya*), tepehuaje (*lysiloma acapulcense*), entre otros. Como menciona Montes (2014), no se talan árboles, sólo se podan para contribuir al crecimiento de los mismos, respetando así el equilibrio ecológico y del medio ambiente. En el fondo del horno se coloca una capa de matorrales secos, posteriormente de palma seca y leña delgada, encima de esta los troncos y al final una capa de rocas. Se emplea una guía de palma seca que recorre todo el horno para después encenderlo y calentar uniformemente. El horno debe precalentarse alrededor de cuatro o cinco horas, esto para lograr temperatura óptima.

Fotografía 36: Horno en funcionamiento



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

El horno está listo cuando deja de humear y pueden colocarse las piñas dentro de él, se tapan con capa de palma y posteriormente capa de tierra para cubrirlo por completo. Existen hornos techados para evitar la filtración de la lluvia, sin embargo, la mayoría están a la intemperie pues tradicionalmente, el horneado es antes de la época de lluvias, según opina un mezcalillero.

Fotografía 37: Piñas o corazones al horno



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Se cuecen las piñas en aproximadamente cinco días según su estado, si están listas pueden sacarse antes. Al tercer día de cocimiento se le agrega agua al horno para suavizar el agave y al quinto día se destapa para llevar las piñas cocidas a la molienda.

4) Molienda:

Antiguamente la molienda se realizaba con caballos o con machete. Hoy en día se emplea una desgarradora o trituradora, esto para agilizar los tiempos de producción. Las piñas son trozadas antes de ser introducidas a la desgarradora pues requieren un tamaño menor.

Fotografía 38: Maquinaria para molienda



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Inmediatamente después de pasar por la desgarradora, el bagazo es acumulado en tambos de plástico de grado alimenticio para continuar con la etapa de fermentación.

5) Fermentación:

Esta etapa es muy importante debido a que el bagazo desprende los azúcares necesarios para darle sabor al mezcal que posteriormente será destilado. Después de cuatro a ocho días en conservación en los tambos, el bagazo comenzará a desprender un olor a mezcal y adquirir una temperatura característica; después se le agregará agua de pozos locales (manantiales artificiales).

Fotografías 39 y 40: Tambos y otros utensilios



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Los tambos llenos de bagazo y agua de manantial comenzarán a reaccionar y se producirá una espuma, que durante cuatro a ocho días estará presentando burbujas. Cuando las burbujas son muy pequeñas y a intervalos de tiempos prolongados, se dice que el bagazo está listo para el proceso de destilación.

6) Destilación:

Existen diferentes elementos que forman parte de este proceso, los cuales son: el fondo (bote laminado), un tronco de zompantele (*Erythrina americana miller*) hueco llamado cascomite, cazo de cobre, canaletas y recipiente final. Durante la etapa de destilación

se sigue un método específico: a) En el fondo, bote laminado enterrado en el piso, se introduce el bagazo fermentado.

Fotografía 41: Bote laminado o fondo



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

b) se coloca el tronco de cascomite hueco, el cual crece en los alrededores y es tallado a mano, este tronco aporta sabor al vapor del bagazo que se convertirá en mezcal. Para evitar fugas el cascomite y el cazo de cobre es sellado con barro de la región.

Fotografías 42 y 43: Tronco de cascomite hueco



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Fotografía 44: Cazo de cobre



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

c) sellado el tronco y el cazo, se enciende la leña (árbol de aguacate, cedro, ciruelo o copal) debajo del fondo. Horneando de dos a tres horas, el bagazo soltará los vapores para dirigirse al condensador.

Fotografías 45 y 46: Sublimación del mezcal



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

d) Los vapores se condensarán en la base metálica del cazo de cobre, el cual tiene agua fría y debido a una inclinación los vapores condensados se verterán sobre una canaleta hasta el recipiente final, un tambo de metal.

Fotografía 47: Recolección del destilado



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Las primeras gotas de mezcal caerán en un lapso de veinte a cuarenta minutos dependiendo de la intensidad del fuego.

Fotografía 48: Las primeras gotas de mezcal



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

El maestro mezcalillero revisa que la graduación alcohólica no exceda los 48 grados. El primer litro de mezcal que se obtiene se llama *puntas* y llega a tener de 70 a 80 grados

de alcohol, al destilado final se le llama *colilla* con una graduación de 20 grados. La *colilla* puede volverse a destilar en un proceso llamado *refinación*.

Fotografía 49: Graduación alcohólica



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Con el uso del alcoholímetro, el maestro mezcalillero se asegura de la graduación del mezcal. Posteriormente, los maestros mezcalilleros observan el perlado (las burbujas que se forman en un mezcal cuando se agita o se precipita de un recipiente a otro) para ubicar la riqueza alcohólica en la que se encuentra. El mezcal al formar perlas, indica que tiene carácter, sabor, y olor tradicional, entre otros detalles (Montes, 2014). Después del destilado, el bagazo restante es desechado, empleado comúnmente como abono o simplemente acumulado en montones fuera de la zona de cultivo.

Fotografía 50: Bagazo de agave desechado



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

7) Envasado y etiquetado:

El resultado final es el destilado de agave “La perla”, el cual puede ser joven, añejo, reposado y de pechuga. Como se puede apreciar en la siguiente imagen, la oferta del producto.

Imagen 4: La publicidad del mezcal “La Perla del Cascomite”



Fuente: Página web de La Perla del Cascomite.

Destilado joven: obtenido directamente del proceso antes mencionado, susceptible a ser enriquecido.

Destilado añejo: mezcal almacenado en recipientes de vidrio por periodos largos, al menos un año.

Destilado reposado: mezcal almacenado en barrica de roble blanco canadiense, al menos dos meses.

Destilado de pechuga: idéntico al mezcal joven pero adicionado con grutas en su fermentación como piña, chabacano, ciruela pasa y manzana, por último se agrega una pechuga de gallina criolla, con lo cual adquiere su sabor característico.

Las botellas de plástico o vidrio son envasadas y etiquetadas, para posteriormente ser comercializadas, ya sea a consumidores locales o foráneos. Mediante intermediarios estos destilados de maguey son presentados en ferias y exposiciones, así como en restaurantes y tiendas de conveniencia.

Fotografía 51: Envases del mezcal “La Perla del Cascomite”



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Como se mencionó con anterioridad, este producto mantiene estándares de calidad en su producción y su venta se incrementa por la recomendación entre los habitantes, visitantes o en expendios de lugares aledaños, tal es el caso de Tenango, Tenancingo y Toluca, principalmente.

Fotografía 52: Casa de un mezcalillero en Santa María la Asunción



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación general

La presente investigación se sustenta en la teoría de la geografía rural (Clout, 1976), la ecología cultural (Steward, 1955), la geografía ambiental (Bocco y Urquijo, 2013), la sustentabilidad (Brundtland, 1987) y el desarrollo local sustentable (Carpi, 2008). Estas bases teóricas fueron asociadas y complementadas con las pruebas de laboratorio y técnicas de trabajo de campo, y así, de manera general, coadyuvaron a determinar la cuantificación y análisis de los procesos de la elaboración del mezcal y la obtención de sus fibras, así como en la elaboración del adobe en los ambientes de la comunidad de Santa María la Asunción. Una parte importante en el análisis de estos procesos fue la interacción entre los elementos físicos, biológicos, socioculturales y económicos presentes en el sistema, que en distintos grados pueden estar influyendo en los procesos de cambio, y por supuesto en los impactos.

Dentro de las diversas disciplinas que se han integrado para estudiar el ambiente, está la geografía, según opinan Juan y otros (2009), durante décadas la ciencia geográfica fue considerada como descriptiva, pero, actualmente hay un interés mayor que el de una simple descripción del entorno geográfico, y es el de “conocer al ambiente como ese sistema, donde los elementos bióticos y abióticos mantienen una estrecha interacción e interrelación de la cual los grupos humanos se aprovechan y adaptan para satisfacer sus necesidades primarias” (Juan y otros, 2009: 37). Es decir, la geografía tiene ahora una gama más amplia de estudio.

Es importante notar que Santa María la Asunción se encuentra en un entorno rural, por lo que es pertinente analizarla desde la perspectiva de la geografía rural (Clout, 1976), la cual analiza el uso social y económico de la tierra, así como los cambios espaciales que ocurren en estas zonas de baja densidad poblacional. De esta manera, el análisis temporal del uso de suelo, los materiales de construcción y el manejo de recursos en el proceso de la elaboración del mezcal, está ubicado en el contexto de la geografía rural. “Desde sus orígenes como campo disciplinario, la geografía ha estado vinculada de forma estrecha, tanto en términos conceptuales como prácticos, con la noción de

ambiente, o más precisamente, con su dimensión territorial” (Bocco y Urquijo, 2013: 76). La geografía ambiental, se refiere como una ciencia auxiliar de la geografía, cuyo objeto está enfocado al análisis de las manifestaciones, fenómenos y hechos que ocurren en la biosfera, o sea, analiza las condiciones en las que se encuentran los componentes del ambiente: aire, suelo, agua y biota. El soporte teórico inicial de la geografía ambiental hace referencia a las relaciones entre el hombre y el ambiente, y a su aproximación por parte de las principales escuelas geográficas y, a la delimitación del conjunto de aplicaciones que ocurren entre el espacio natural y el espacio social (Bocco y Urquijo, 2013). El análisis espacial de los procesos de la elaboración del mezcal y del adobe fue contextualizado con los fundamentos de esta disciplina, es decir, fueron asociadas a las actividades productivas y el componente sociocultural de los habitantes con los componentes del ambiente, específicamente en los materiales de construcción de las viviendas.

Como menciona Steward (1995), la ecología cultural es una teoría y metodología que estudia las relaciones del hombre con su ambiente físico a través de niveles de integración de lo local a lo regional, lo nacional o lo internacional. Poniendo especial atención a las respuestas y reacciones emitidas por los seres humanos a través de la cultura, siendo ésta, un elemento primordial que permite a las sociedades discernir cómo actuar ante ciertas circunstancias y manifestaciones de los componentes del ambiente. Esta teoría también estudia los recursos naturales existentes y disponibles en las comunidades, ya que son la esencia para el sustento de los grupos humanos. Los habitantes de las comunidades del espacio geográfico de estudio han identificado la presencia del agave *Angustifolia Haw* en las llanuras y lomeríos de la región, así como su uso en la elaboración del mezcal, por lo que, existe una preocupación por los impactos y desechos que este proceso conlleva. Por otra parte, la construcción con adobes es un ejemplo de los conocimientos y experiencias (cultura) que los habitantes han adquirido por medio de la interacción con el ambiente y mediante las relaciones ambiente–sociedad–cultura.

Desde las perspectivas de la ecología cultural (Steward, 1955) y la geografía ambiental (Bocco y Urquijo, 2013), en la comunidad de Santa María la Asunción fueron identificadas tres relaciones importantes para el manejo de los recursos naturales:

1. *La diversidad vegetal es utilizada y manejada para la alimentación de la familia, alimentación de los animales domésticos y elaboración del mezcal.* El follaje de algunas plantas es útil para techumbres y refugios.
2. *La relación entre los mezcalilleros de la región.* Los mezcalilleros establecen interacciones que favorecen la cohesión social entre las familias y sus vecinos, éstas se expresan a través de la ayuda mutua y favorecen el manejo de recursos en la comunidad y la región. Fundando a la La Asociación de Productores de destilados de agave de Zumpahuacán S.C. de E.L. de C. V.
3. *La relación entre los habitantes y los materiales de construcción.* Desde varias generaciones pasadas, las viviendas de la comunidad están en su mayoría construidas con adobe, además el proceso de su elaboración es artesanal y forja una identidad tradicional-arquitectónica.

En cuanto a la sustentabilidad, en el año 1987, la Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente publicó y dio a conocer su informe, titulado “Nuestro futuro común” conocido también como “Informe Brundtland”, en el cuál se introduce el concepto de desarrollo sustentable, definido en estos términos: “Está en manos de la humanidad asegurar que el desarrollo sea sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”, lo anterior, en el marco de las Naciones Unidas.

Unos de los postulados que fundamentaron esta investigación fue el de la sustentabilidad, ya que la bioconstrucción se encarga de utilizar materiales amigables con el ambiente y que puedan ser utilizados posteriormente.

El desarrollo local sustentable, de acuerdo a Tomás Carpi (2008), es un proceso de concienciación y aprendizaje que requiere de la identificación individual y colectiva de las consecuencias de la propia acción, lo que es más fácil en el plano local donde la

conexión entre actividad, impacto, efectos y sus consecuencias sobre el colectivo, es más directa, inmediata y fácilmente perceptible; en ese sentido lo local reviste gran importancia pues es un plano que permite visualizar de manera cercana los efectos nocivos del indiscriminado uso del entorno y en el que se pueden observar también las mejorías conseguidas por las acciones consientes de su buen uso, dada la proximidad entre los generadores y receptores del impacto; y por ende constituye el espacio en que se puede estimular con mayor facilidad el compromiso institucional, ciudadano y de las empresas con el entorno.

Entre los elementos del desarrollo local que pueden identificarse según afirman Vargas y Mochi (2007: 4), “destacan la disponibilidad de mano de obra calificada, o la posibilidad de formarla; la existencia o posibilidad de construcción de redes de solidaridad e intercambio de conocimiento; dependencias gubernamentales de apoyo a las nuevas empresas; y factores como el liderazgo de algunos actores, tradición participativa, y conocimiento del mercado de trabajo local y global”.

Asimismo, estos autores afirman que cuando se logra captar las oportunidades que la extensión de los mercados ofrece, se fortalecen nuevas estrategias de producción de bienes y servicios que valorizan competencias y bienes comunes (como el patrimonio ambiental e histórico-artístico). Desde esta perspectiva, el desarrollo local implica identificar en el mercado posibles oportunidades de desarrollo y adecuar sus estrategias para corresponder a las exigencias del contexto. Por ejemplo, en las actividades de la construcción con adobes y de la elaboración de mezcal son resultado de la conjugación de las capacidades de los individuos para articular sus iniciativas y diseñar instrumentos que les permitan mejorar su calidad de vida, según sus propias percepciones, lo cual se encuentra determinado precisamente por el marco institucional en el que se desenvuelven los actores locales, mencionan estos autores.

2.2 Responsabilidad e Impacto Social en el diseño sustentable

La responsabilidad social en el sector de la construcción, es un tema imprescindible al estudiar la vivienda. Desde mediados del siglo XX se encuentra abundante

producción académica sobre el tema, en la actualidad no existe unidad de criterio en cuanto a su definición. Schvarstein, plantea que “una organización es socialmente responsable cuando instituye un conjunto de prácticas obligatorias y voluntarias, orientadas a promover la satisfacción de las necesidades sociales de sus integrantes y de los miembros de su comunidad”, mientras Carrol sugiere en 1991 que los cuatro pilares fundamentales de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE), pueden ser representados como una pirámide: La dimensión económica actúa como base donde descansan los otros tres aspectos, que se ubican en orden ascendente de la siguiente forma: legales, éticos y filantrópicos (citados en Botero, 2009). Por consiguiente:

Tal vez por reconocer el compromiso con la sociedad, el empresario de la construcción enfoca algunos esfuerzos hacia el asistencialismo y la filantropía. Sin embargo, las acciones emprendidas de carácter social pueden considerarse fugaces, pues buscan la satisfacción temporal de algunas necesidades de sus empleados, pero no se orientan hacia el otorgamiento de beneficios a las comunidades donde realizan sus actividades de nuevos proyectos, no mejoran sustancialmente la calidad de vida ni promueven el desarrollo social del país (Botero, 2009: 119).

La responsabilidad social en el sector de la construcción de vivienda implica otorgar beneficios, principalmente, éticos, económicos, sociales, de salud, culturales y ambientales, por ello, habrá que contemplar el impacto respectivo en estas áreas.

La sustentabilidad es tema complejo e interdisciplinario como menciona Morin (1989), propone, un proceso de búsqueda de estrategias viables para un pensar complejo físico-bio-antropológico, que permite una praxis ética en el campo tanto del conocimiento académico como de la praxis social. Es por ello, que actualmente se puede hablar de biogeografía, sociología y antropología ambiental, ecología cultural, economía, derecho y ética ambiental, entre muchas más. Asimismo, Rosen y Kishawy (citados en Barba, 2015), comentan la aplicación de la sustentabilidad en toda actividad humana. En esencia, se sugiere que los problemas sociales, económicos y ambientales deben ser tratados al mismo tiempo y de manera integral en cualquier proceso. Por ello, se requiere, considerar un mundo común y una naturaleza común. Sin embargo, pareciera que no se tiene conciencia de esa naturaleza común ya que las políticas globales y del ambiente han provocado cambios en la vida urbana. Un considerable

número de factores han llevado al deterioro ambiental, como consecuencia de las políticas macroeconómicas de este mundo globalizado y sus implicaciones en el terreno político, social y cultural. Los procesos globales a escala planetaria tienden a producir efectos similares en el mundo, y en consecuencia las relaciones hombre-naturaleza están cambiando tanto a nivel rural como urbano.

La problemática ambiental surge en las últimas décadas del siglo como el signo más elocuente de la crisis de la racionalidad económica que ha conducido al proceso de modernización, esto, en la opinión de Leff (2004). Ante la imposibilidad de asimilar las propuestas de cambio que surgen de una nueva racionalidad (ambiental) para reorganizar las bases éticas y productivas de un desarrollo alternativo, las políticas del desarrollo sustentable van desactivando, diluyendo y pervirtiendo el concepto de ambiente. Esta operación subyuga a todos los órdenes del ser a los dictados de una racionalidad globalizante y homogeneizante y prepara las condiciones ideológicas para la capitalización de la naturaleza y la reducción del ambiente a la razón económica.

La preocupación por la conservación del ambiente ya se ha incorporado en diversos ámbitos, pero particularmente en el ámbito constructivo puede ser muy trascendente, ya que “la cuestión ambiental se debe abordar desde una perspectiva integral e interdisciplinaria” (Leff, 2004: 149). Es por ello, que la reutilización de materiales de desecho se puede desarrollar de manera integral y con beneficios sociales, particularmente económicos.

La construcción de vivienda bajo el diseño sustentable, implica una responsabilidad social y ética profesional ya que tiene un impacto social, en una investigación realizada por Lárraga y otros (2014), encontraron que en la última década, algunos arquitectos han pintado en tonos verdes sus diseños, con arrogantes y pretenciosos discursos que proclaman “la sostenibilidad” de los mismos. Otros, en menor cantidad, han escrito sobre la sostenibilidad en la arquitectura, pero pocos han propuesto métodos o técnicas que permitan medirla bajo una concepción multidimensional. En la mayoría de los casos estos autores encontraron el manejo parcial del concepto de sostenibilidad ambiental, haciendo uso de indicadores de eficiencia energética y que dejan rezagados los

conceptos de sostenibilidad económica, cultural, social e institucional, dimensiones que implican responsabilidad social, ya que, si no, se tendrían impactos negativos tanto ambientales como sociales.

Para una propuesta de autoconstrucción con material sustentable, primero habrá que considerar la participación y acción comunitaria, para ello, Lárraga y otros (2014), comentan que: Aunque el vocablo sostenibilidad es ajeno al léxico indígena, sus referentes empíricos no lo son porque están presentes en la práctica arquitectónica tradicional que, a su juicio, contiene los siguientes elementos:

- 1) continuidad en el uso ancestral de conocimientos constructivos
- 2) continuidad en la conservación del conocimiento arquitectónico ancestral — parte del patrimonio cultural indígena de México—
- 3) continuidad en el uso de diversos materiales locales extraídos del escenario mega-diverso de flora y fauna donde se inserta
- 4) poca o nula dependencia externa de materiales y conocimientos constructivos, con lo cual se robustece la autosuficiencia y relativa independencia de las comunidades rurales
- 5) costos de construcción acordes con el contexto económico local caracterizado por baja liquidez y abundancia de fuerza de trabajo
- 6) existencia de mecanismos de reciprocidad —como la “vuelta de mano”— que no solo reducen los costos de construcción, también contribuyen a la continuidad de prácticas solidarias tradicionales
- 7) conservación del conocimiento in situ porque se transmite de manera práctica de una generación a otra, de padres y abuelos a hijos y nietos
- 8) participación de la mayor parte de los integrantes adultos, hombres y mujeres, de cada familia en los proyectos de construcción
- 9) la diversidad de soluciones arquitectónicas que satisface la mayor parte de sus necesidades de vivienda.

Asimismo, analizaron otras dimensiones como: la sostenibilidad social, bajo los criterios de bienestar humano, calidad de vida, inclusión social y participación; la sostenibilidad

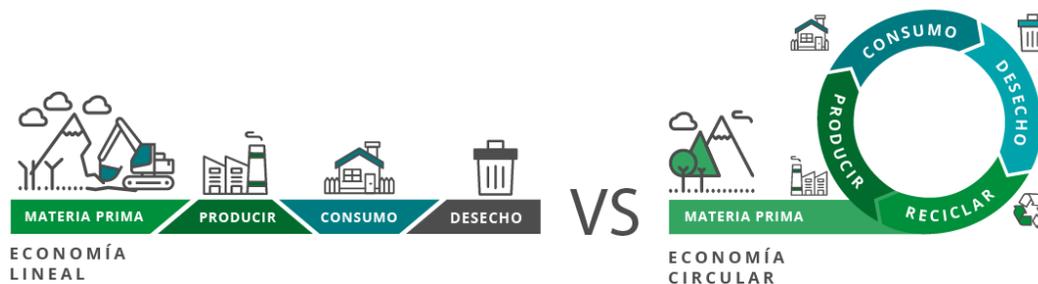
económica bajo los criterios de accesibilidad y producción; la sostenibilidad cultural bajo los criterios de identidad, continuidad-cambio, y la transmisión de conocimiento en el seno de las comunidades; y, por último, la dimensión institucional bajo los criterios de gobernanza y autonomía. Estas últimas dimensiones, aunque poco exploradas en la arquitectura, se encuentran estudiadas de manera más profunda por otras disciplinas. Estos autores concluyen que la vivienda sustentable debe ser un lugar autosuficiente, autónomo, autodependiente, con equidad, calidad de vida, continuidad de nuestra diversidad cultural, conservación y manejo sustentable de los recursos naturales. La vivienda es tan solo nuestra aportación más humilde a la compleja problemática de nuestra gran casa: la Tierra.

La responsabilidad incluye al desarrollo social, en particular con comunidades vulnerables, para Valle y Pérez (2016), se debe comprometer a contribuir en la generación de procesos de inclusión social. Para que ésta se genere, se deben dar oportunidades para todas y todos y una forma de generarlas a nivel laboral son los emprendimientos sustentables, como la autoconstrucción de sus viviendas y para el caso que nos ocupa con adobes reforzados de fibras de agave. Se pueden propiciar espacios para la conformación de este tipo de acciones, a partir, de la concepción de emprendimientos sociales, que, mediante procesos de innovación social, pueden generar desarrollo sustentable en las comunidades. Es importante resaltar que se requiere de sinergia entre el Estado, instituciones educativas, empresas públicas y privadas, para que apoyen las iniciativas de construcción en comunidades vulnerables, ya que necesitan asistencia, asesorías y guías para realizarlo de manera eficiente.

Con el avance hasta ahora logrado y tras la relación del desarrollo social con los derechos sociales, el bienestar y el crecimiento, según Ramírez y Villegas (2017); es momento de considerar no solamente las variables culturales o los proyectos de apoyo social sino nuevas estrategias de diseño derivadas de un proceso de análisis sobre los factores, si bien, culturales, también, de acceso a programas sociales y económicos que no propicien un atraso en el desarrollo social de las comunidades.

Para que la responsabilidad social en el sector constructivo pueda disminuir los impactos negativos tanto a la comunidad como al ambiente, se puede trabajar bajo: Los principios de la Economía Circular, que proporcionan un marco de referencia para cumplir con el Plan Nacional de Desarrollo del Gobierno Mexicano. Este plan ideó los “Pilares de la Nueva Visión Agrícola”, en los que se incluyen seguridad alimentaria, sostenibilidad medioambiental y crecimiento económico; en concreto, la prevención de residuos durante el procesado después de la cosecha. Este último punto es el centro de la presente propuesta y se enfoca en el desarrollo de un nuevo biomaterial compuesto a partir de productos de desecho, como es el bagazo del agave. Todo lo anterior prevé un impacto sustentable ya que se reutilizarán los desechos de un negocio como materia prima para otro, tal y como contemplan las bases de la Economía Circular.⁵ A continuación se muestra una comparación entre la economía lineal y la economía circular:

Imagen 5: Comparación entre la economía lineal y la economía circular



Fuente: Gabriela Ramírez Vergara, De la economía lineal a la economía circular, en blog: <http://www.famocdepanel.com/blogitem/14/de-la-economia-lineal-a-la-economia-circular>

El concepto de economía circular, según Lina Lett (2014), propone un cambio al paradigma: *reducir, reutilizar y reciclar*, por una transformación más profunda y duradera que permita disminuir el impacto producido por las actividades humanas en el ambiente. Este modelo otorga al residuo un papel dominante, es un modelo cíclico que imita a la naturaleza y se conecta con ella, “el residuo pierde su condición de tal y se convierte en la materia prima *alimentaria* de los ciclos naturales o se transforma para

⁵ RSA, Report 01, 2013.

formar parte de nuevos productos tecnológicos, con un mínimo de gasto energético” (p.2). He aquí la importancia de reincorporar al adobe como nuevo producto.

La mayoría de las organizaciones en general y de la construcción en particular han sido indiferentes al deterioro ambiental. En las últimas décadas se han tomado políticas sustentables, sin embargo, hoy en día no basta crear organizaciones amigables con el ambiente, comprometidas con la responsabilidad social o desarrollar productos eco-amigables, las empresas de la construcción, en la opinión de Ruiz y Ruiz (2014), requieren fijar sus recursos en la mejora continua de su talento humano como ejes de cambio en la sociedad y que sus líderes promuevan una cultura organizacional sustentable. La sustentabilidad implica advertir que, el ambiente como sistema complejo, comprende elementos que interactúan indisolublemente: el ser humano, la naturaleza y la cultura, mismos que requiere integrar una conciencia ecológica, el fomento de comportamientos proambientales y programas de ética para la sustentabilidad en cualquier área del conocimiento.

2.3 Estrategias Sociales para la disminución de la pobreza

El desarrollo rural sustentable en México ha transcurrido en las últimas décadas por situaciones paradójicas, por un lado, los procesos de urbanización vertiginosos y por el otro, la proporción de la población rural y el número de personas que trabajan en el sector primario sigue siendo muy alta. En este sector, según Rita de Souza y Olivia González (2001), resulta prioritario, no sólo por su importancia económica, sino porque constituye el segmento de la población que padece mayoritariamente de pobreza extrema, desnutrición, insalubridad, altos índices de natalidad, escases de vivienda, rezago en servicios básicos y analfabetismo principalmente. Las regiones campesinas representan gran significación porque constituyen espacios vitales para la situación ambiental del país entero. Los problemas que presentan los ecosistemas rurales en cuanto a deforestación, erosión, y desequilibrios hidrológicos entre otros, no son problemas exclusivamente rurales, representan desequilibrios y conflictos ambientales que afectan a la humanidad. De tal suerte que la sustentabilidad rural es responsabilidad de todos.

Según datos del Banco Mundial, en 2010 en las zonas rurales de México, el 61 por ciento de las personas vivían por debajo de la línea de pobreza nacional, es decir más de 15 millones de un total de población rural de alrededor de 25 millones (Barnes, Singh, y Shi, 2010). Al respecto, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) afirma que uno de los estados que ha mostrado mayor aumento de pobreza extrema en las últimas fechas es el Estado de México. La población en situación de pobreza extrema, por definición, es aquella que tiene tres o más carencias sociales y cuyo ingreso es inferior a la línea de bienestar mínimo. Se consideran carentes en esta dimensión a las personas que no cuentan en su vivienda con acceso a, por lo menos, alguno de los siguientes servicios: electricidad, servicio de drenaje, agua potable y, si el combustible que usan para cocinar es leña de maderos o carbón y la estufa utilizada no tiene chimenea. A nivel nacional 23 por ciento de las personas no tienen acceso a los servicios básicos en la vivienda, lo que equivale a que una de cada cuatro personas en el país tenga carencia en esta dimensión. Cinco entidades federativas: Chiapas, México, Oaxaca, Puebla y Veracruz, concentran casi la mitad de la población carente por servicios básicos en la vivienda (CONEVAL, 2015). Sin embargo, la misma CONEVAL señala que uno de los estados que ha mostrado mayor aumento de pobreza extrema en las últimas fechas es el Estado de México.

En general, los tres factores que determinan el estado de la pobreza en México son los siguientes:

- *Área geográfica y la proximidad a los centros urbanos* - La incidencia de la pobreza rural es más alta en las zonas que están lejos de los centros urbanos, mientras que las poblaciones que viven cerca de los centros urbanos tienen mayores oportunidades de diversificación de los ingresos.
- *Origen étnico* - La tasa de pobreza en las comunidades indígenas es muy superior que en las comunidades no indígenas.
- *Género*- Las mujeres encabezan la mayoría de los hogares monoparentales y se enfrentan a una falta de oportunidades de empleo y el acceso a los recursos productivos.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OECD, 2007) sostiene que las causas de la pobreza rural en México son en gran parte estructurales, es decir, que la

pobreza surge de la falta de acceso a servicios básicos como la salud, la educación y la vivienda, así como la falta de recursos tecnológicos, de conocimiento y crediticios. En los servicios, así como en los recursos, la energía y el agua son temas relevantes que deben atenderse para reducir la pobreza rural.

El Modelo Comunitario de Desarrollo Sustentable (MCDS), (Tetreault, 2004), está enfocado a las comunidades rurales y se fundamenta en la recuperación y el fortalecimiento de las culturas tradicionales y las economías de autosubsistencia, para satisfacer las necesidades de la propia comunidad y después para el mercado externo, por ello, fomenta la autosuficiencia y la autonomía de la comunidad, para que sea capaz de resolver sus propios problemas y controlar su destino; revalorar su cultura para que rescate su identidad; fomenta el uso de tecnologías tradicionales y promueve la diversificación de actividades.

Habría entonces que considerar el aspecto social contemporáneo en México, el cual: “choca con la enorme dificultad que como sociedad enfrentamos para asumir nuestro rostro pobre y desigual, las grandes desigualdades en México han sido construidas históricamente fragmentando las oportunidades y capacidades de la sociedad para reconstruirse en su interior y reconocerse en ella misma” (Cordera, 2015: 36); los resultados son 53.3 millones de personas en México que viven en situación de pobreza (CONEVAL, 2015), lo cual representa el 45.5% de su población, para delimitar las condiciones de éste alarmante número de pobladores, se recurre aquí a diferentes puntos de vista contemporáneos sobre la pobreza, cuyos conceptos principales se han alejado de la premisa única de relación entre la pobreza y la economía, sobre todo cuando se reconoce al ser humano como eminentemente social y no económico, en ese orden de ideas el concepto de pobreza humana interpreta la pobreza como privación de necesidades básicas. La pobreza, medida y evaluada por el CONEVAL, refleja que México: “es un país fragmentado y desigual, [...] de acuerdo con los hallazgos, los grupos más vulnerables son los menores de 18 años y los grupos indígenas” (Cordera, 2015: 52), siendo estos últimos los más pobres entre los pobres.

2.4. Estrategias para la bioconstrucción

El barro ha acompañado la aventura del cobijo humano desde su forma más antigua y humilde hasta llegar a nuestros días donde representa el papel de una alternativa respetuosa y de escala humana. Habrá que proponerse, con estas líneas, ayudar a legitimar la arquitectura de tierra, atacada y casi vencida por la ideología del progreso, según comenta Domínguez (2010), la arquitectura doméstica y religiosa en los inicios compartieron las mismas técnicas de construcción, basada fundamentalmente en la arquitectura de tierra, con las técnicas de entramado y específicamente el embarrado con las diferentes variantes que se conocen.

Apenas ahora, en el tercer milenio, el hombre toma plena conciencia de sí y de su entorno inmediato; la casa, la ciudad y su ambiente. Es importante acercarle los elementos que le permitan ser creativo en el uso de los espacios. El “lugar” es un concepto muy rico que no coincide con los objetos que lo ocupan; es el acomodo del ser humano en el cosmos. Por siglos, el hombre modificó el ambiente en su beneficio: para guarecerse de los climas adversos, para desarrollar sus actividades vitales en espacios más adecuados y confortables, en suma para sacar provecho de la naturaleza.

Sin embargo, los cambios macroclimáticos y las severas alteraciones que ha sufrido el ambiente, revierten sus efectos a distintos grupos de la sociedad que parecen más indefensos ante los eventos de la naturaleza; acaso ella se cobra de abusos en la contaminación y en la histórica alteración del medio que la arquitectura, urbanismo, ingeniería y disciplinas relacionadas con la actividad industrial y económica, en lo general, han impuesto a la naturaleza. Por ello, surge la necesidad de retomar las preguntas que se hacen diversos teóricos: cómo es la forma con que representamos el lugar en nuestra mente y cómo es la creación del sentido de lugar, en nuestro caso “la vivienda”, porque nadie ignora que el objetivo del diseño ambiental es la creación de lugares, tal como se aprecia en la siguiente cita: “un lugar es el resultado de relaciones entre las acciones, concepciones y atributos físicos” (Canter, 1987: 205). En la fotografía 53 se puede observar una vivienda originaria de la zona de estudio.

Fotografía 53: Vivienda rural en Santa María la Asunción



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Cuando la humanidad empezó a edificar eligió la tierra cruda como material predilecto. Si no queda rastro de esas ciudades y construcciones es precisamente porque necesitan un cierto cuidado y mantenimiento: el día que los habitantes deciden abandonar el hogar y su lustral restauración, al cabo de muchos años, la construcción tenderá a desaparecer (Domínguez, 2010). Volverá a formar parte de la Madre tierra, reciclándose en pradera, huerta, vasija de terracota, o bien, otra vez en una construcción, tal como ocurre en Malí, África, donde el mismo barro, caído al suelo con las lluvias, es luego reintegrado a la masa de encalado. Cuando se entiende y convive con la tierra, los pueblos hacen celebraciones, así, el material se convierte en sagrado y el trabajo en una reunión de alegría.

Desde el punto de vista ambientalista, este mismo autor, comenta que el barro tiene muchas ventajas: No necesita ninguna transformación industrial de alto coste energético. Su inocuidad a la manipulación, sus componentes naturales y locales (arcillas, arenas, fibras como el pinillo u otras) y su facilidad para crear formas orgánicas, convierten al barro en un material de preferencia en la bioconstrucción. Suele ser un material local, muy barato, vendido al precio del escombros, si es que por

poca suerte no se encontró en el mismo sitio de la edificación. Su facilidad para extraerlo, prepararlo y utilizarlo favorece los proyectos de autoconstrucción. Sin embargo, hay que reconocer que este sistema de arquitectura está hambriento de mano de obra. Una tradición que nos viene de la noche de los tiempos, donde estaba integrado el concepto de la participación voluntaria. Aunque la puesta en obra pida ciertos requisitos, a veces muy diferentes de la construcción convencional, es en sí mismo un sistema de edificación sencillo.

2.4.1 Materiales bioclimáticos en la vivienda transicional y marginal en México

Las viviendas transicionales y marginales son aquellas que generalmente, no entran en los parámetros de la vivienda urbana. Es decir, y para efectos de esta investigación, son aquellas de zonas rurales y marginadas que requieren de su construcción o autoconstrucción, por tanto, de materiales de bajo costo, los cuales son del mismo lugar, como el adobe que tiene propiedades bioclimáticas.

El uso de biomateriales en cualquier tipo de construcción es indispensable, más aun en la vivienda rural por sus beneficios económicos, ambientales y culturales, principalmente, en la opinión de Cedeño (2010), es necesario impulsar materiales y procedimientos de construcción que garanticen la conservación del ambiente y las mejores condiciones de habitabilidad en cada tipo de clima, además de que preserven la imagen tradicional de los poblados, ya que uno de los problemas más graves que incrementa la contaminación del ambiente es la fabricación de materiales de construcción. La quema de combustible para la producción de estos materiales es una de las mayores consumidoras de energía y emisora de gases contaminantes. La industria de la construcción absorbe la mayor parte de la energía que se produce, además de procesar la mayor cantidad de materias primas. Ante la crisis energética que atraviesa el mundo, la cual va en incremento, los proyectistas debieran tener como meta del diseño bioambiental: 1. La sustitución de fuentes no renovables por fuentes renovables. 2. La elección de materiales con menor contenido energético, tanto en su fabricación como en su puesta en obra. 3. La elaboración de formas, tipologías edilicias

y elementos constructivos que requieran menos energía para su construcción y acondicionamiento (Evans y De Schiller, citados en Cedeño, 2010).

Desde el último cuarto del siglo XX, el proceso de desarrollo urbano ha estado marcado por la implementación de una lógica capitalista neoliberal, esto, en la opinión de Rubio (2015), ha condicionado tanto el comportamiento de la construcción, a los intereses y los ritmos de la inversión inmobiliaria como de los instrumentos de la planificación urbana privada. De este modo, el mercado laboral es una institución social que articula la relación que se establece entre las personas y el dinero, medio imprescindible para obtener acceso a los servicios constructivos, entre los cuales destaca la vivienda.

La metrópolis neoliberal se caracteriza por la “mercantilización y privatización de lo urbano” [], hecho que afectará negativamente a los grupos de menores ingresos quienes, a su vez, no conseguirán aumentar sus ingresos de manera suficiente para enfrentar las permanentes alzas de los costos de la vivienda y los servicios urbanos, como consecuencia de la tendencia alcista de la renta urbana (Rubio, 2015: 69).

En las ciudades que han experimentado los efectos transformadores de la globalización neoliberalizadora, las relaciones que se establecen entre el empleo y la vivienda están fuertemente condicionadas por las lógicas del mercado. Esto significa que los criterios de accesibilidad a la vivienda y al acceso al trabajo, son definidos preferentemente en virtud de la capacidad que tiene el individuo para intercambiar bienes en cada uno de los mercados urbanos específicos de vivienda y de trabajo, y no en atención al imperativo de garantizar el respeto de los derechos de: vivienda y trabajo (Rubio, 2015). He aquí la preocupación por atender la vivienda en zonas rurales y marginadas. El estudio de la vivienda en zonas de extrema pobreza, nos remite al análisis de las casas, las cuales son arquetipos arquitectónicos populares, lo que permite una reinterpretación de la vida cotidiana, así como un análisis de la relación entre la narrativa arquitectónica de los espacios habitables y su entorno. Las casas, en muchos, casos son el reflejo de las costumbres sociales, económicas, morales y culturales de cada región.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

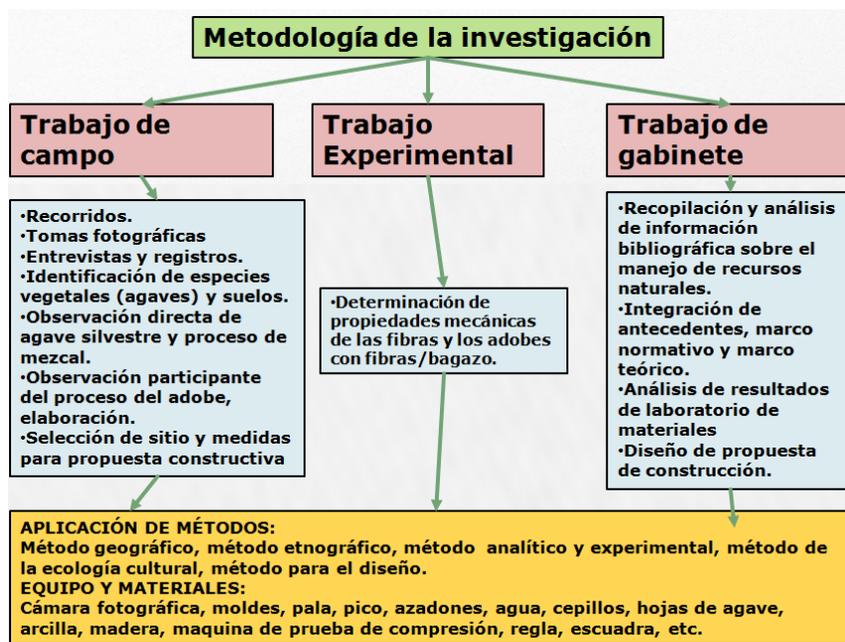
3.1 Enfoque metodológico y técnico

Las categorías de análisis que se desarrollaron en esta investigación y que estarán presentes durante cada etapa del proyecto son: la construcción, la sustentabilidad y la tierra –el caso particular del adobe–. El objeto de estudio es la tierra como material de construcción. El nivel de la presente investigación es de tipo descriptivo, ya que se estudian las características, cualidades y propiedades de la tierra describiendo su comportamiento. Es de tipo exploratorio o experimental, al ser un proyecto que indaga y propone un campo de estudio con mucho potencial en México. El diseño de la investigación es documental en su etapa inicial, ya que los datos se obtuvieron y analizaron de manera impresa o digital. La investigación fue de campo al analizar y experimentar con tierra.

El tipo de esta investigación es básico y aplicado, básico por la recopilación de conocimientos sobre los temas a desarrollar, y aplicado por utilizar los conocimientos obtenidos en el ramo de la construcción. El sentido temporal de esta investigación, es longitudinal retrospectivo, ya que se revisó bibliográficamente el uso de la tierra a lo largo del tiempo y sus características innovadoras al paso de los años. El enfoque de la investigación es mixto; una parte con enfoque cuantitativo por la recolección de datos experimentales, estadísticas y tablas y otra parte cualitativa, ya que se realizó un sondeo en la población, quienes posiblemente se verán beneficiados con las ventajas de la bioconstrucción. Dentro de las técnicas de recolección de datos, tenemos la documental, por la revisión de textos, manuales, reglamentos, artículos, estadísticas, medios digitales, entre otros, así como la observación científica, recopilando datos de forma objetiva y generando resultados precisos. La técnica cualitativa es el registro de la experiencia en el uso del adobe como material de construcción y los usos de la fibra de agave, utilizando como instrumento las encuestas, lo cual permitió la recolección de datos de forma objetiva y subjetiva. Ésta, es de tipo analítica porque describió la situación actual del problema, explica el porqué es útil este material de construcción y estas fibras. Los instrumentos para esta investigación, son datos estadísticos y encuestas. Principalmente se utilizó el método deductivo, ya que se partió de lo general,

estudiando los materiales, a lo particular, llevándolo a casos de estudio. Se pretende sea vanguardista porque los experimentos planeados brindarán nuevo conocimiento (Moreno, 2007), toda vez, que se han realizado muchas investigaciones en torno al empleo de diversos componentes en el adobe, tales como residuos o fibras naturales o sintéticas, pero poco se ha investigado sobre la incorporación de residuos del agave. A continuación, se presenta el diagrama desglosado de la metodología de esta investigación, así como los métodos aplicados y el material utilizado:

Imagen 6: Ruta metodológica

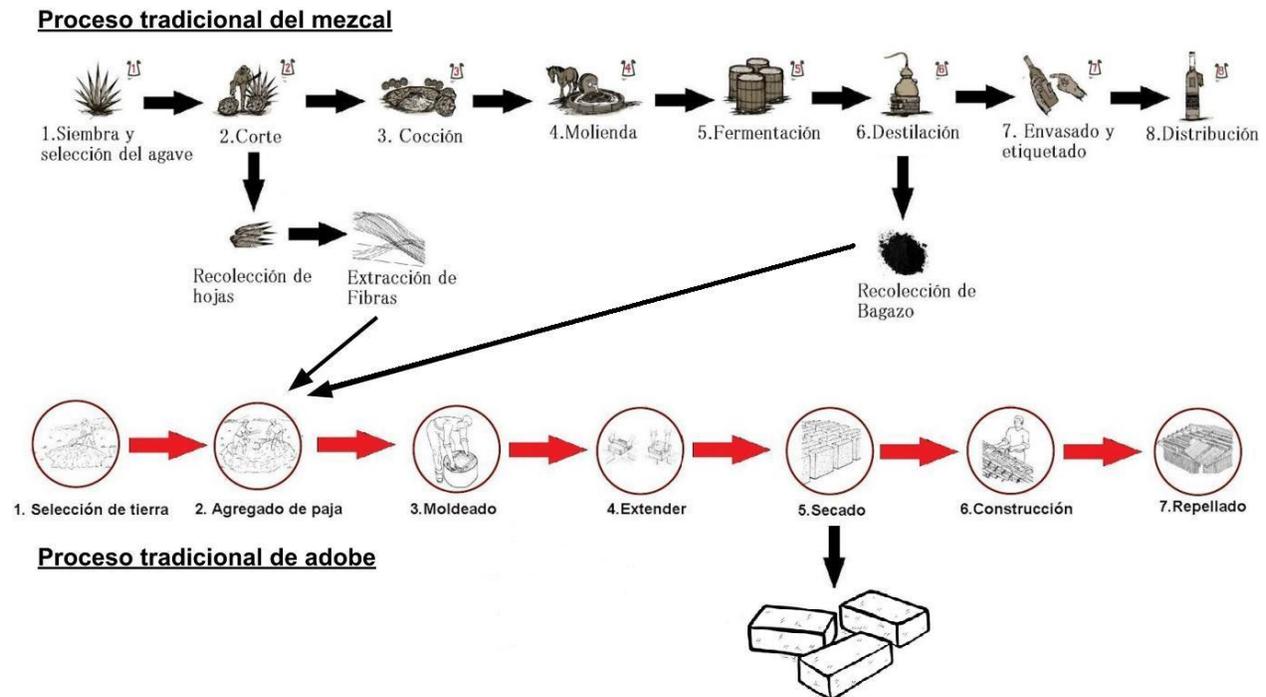


Fuente: elaboración propia.

La metodología utilizada para la obtención de nuevos biomateriales a partir de los subproductos de agave, podría ser adaptada para la obtención de biocompuestos a partir de plantas o desperdicios de una región en particular, sin duda, del interés de México, dada su riqueza en recursos naturales. La inclusión de la Industria Tequilera o Mezcalera es importante y estratégica ya que esto permitirá divulgar y comunicar las actualizaciones de este proyecto, asegurando el interés de la industria, así como la materia prima para la fabricación del biomaterial, para el ramo de la construcción. Posteriormente se buscaron estrategias para la recolección de los residuos de agave

(hojas y fibras) principalmente en el Estado de México, con el propósito de llevar a cabo la caracterización y análisis de los residuos de agave y se produjeron muestras del material nuevo. En la imagen 7 se presenta un diagrama con los procesos tradicionales de la elaboración de mezcal y adobe, así como, las etapas en las cuales se extrajeron las fibras y bagazo para adicionar al adobe.

Imagen 7: Vínculo entre los procesos de elaboración del mezcal y del adobe



Fuente: elaboración propia con base en: Castillo, Parra y otros, 2009 y <http://revistawin.com/lamistica-del-mezcal-artesanal-mexicano/>

Es una región donde actualmente se encuentran casas productoras de mezcal, así como otros predios de cultivo de agave para diferentes propósitos. Zumpahuacán presenta las condiciones ideales para el cultivo de diferentes especies de agave, además de un crecimiento notable en la producción de este vegetal, es por esto, que se eligió este lugar para obtener las muestras de la investigación.

Una vez que se elaboraron los bloques de adobe finales se evaluaron las propiedades físicas de los mismos. Para ello, se asistió al laboratorio de materiales “Ing. Javier

Barros Sierra” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. En una segunda etapa se realizaron los análisis comparativos entre los cuatro tipos de adobe: con fibras de paja, con fibras de agave, con bagazo de agave y mixto. Los cuales se elaboraron en la comunidad de Santa María la Asunción. Posteriormente se analizaron los resultados de las encuestas respecto al conocimiento de la comunidad acerca de los beneficios de las fibras de agave y adobe. Finalmente, se proyectó computacionalmente un modelo de un prototipo de vivienda.

3.1.1 Pruebas de campo y laboratorio

Como se muestra en la imagen seis, dentro de la metodología de esta investigación, el trabajo de campo, experimental y de gabinete consistió en lo siguiente:

Trabajo de campo:

- Recorridos por la comunidad de Santa María la Asunción.
- Tomas fotográficas de procesos y materiales.
- Aplicación de encuestas y registros de viviendas en la comunidad.
- Identificación de especies vegetales (agaves) y tipos de suelo.
- Observación directa y participante en el proceso del mezcal y del adobe.
- Elaboración de muestras de adobe con diferentes composiciones.
- Selección de sitio y medidas para propuesta constructiva.

Trabajo experimental:

- Realización de pruebas mecánicas en el laboratorio de materiales de la UAEM para los adobes elaborados con zacate, fibras de agave, bagazo y mixtos. Medidas de peso, volumen, pruebas a compresión y pruebas de absorción de agua (ver ficha técnica).

Trabajo de gabinete:

- Análisis de información bibliográfica sobre el manejo de recursos naturales en la región de estudio.
- Integración de antecedentes, marco teórico y marco normativo.
- Recopilación de datos de los procesos del mezcal y del adobe.
- Análisis de resultados del laboratorio de materiales.
- Diseño por computadora de propuesta de construcción.

3.1.2 Caracterización de propiedades físicas de las fibras y el bagazo de agave

Como se mencionó en el capítulo 3.1 estos tipos de fibra se obtienen de distintas etapas del proceso tradicional del mezcal. Al igual su extracción y características difieren entre sí.

Fotografías 54 y 55: Pencas cortadas y bagazo de agave



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Fibras de agave: la obtención de estas fibras de agave (también llamadas *ixtle*) se extraen de las hojas de agave después del rapado de las piñas, posteriormente se ponen en una madera de base llamada banco, la madera puede ser casi cualquiera sólo que debe tener una forma rectangular vista de lado, con los bordes lisos o rectos. Después se emplea un machete o cepillo para rasgar las hojas, a este proceso se le llama tallado, se obtienen las fibras de ixtle y se desecha el resto.

Fotografías 56 y 57: Largo de penca y cepillos para extraer fibra



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

De acuerdo a Núñez (2011), un día completo de corte y tallado a mano produce ocho kilos de ixtle durante una jornada de nueve horas de labor (de una persona usando un burro o sin él). Es decir, poco más de una hora trabajada por kilo.

Fotografía 58: Extracción del Ixtle



Fuente: INIFAP, 2011.

Las hojas tienen una longitud promedio de entre 40 a 60 cm y de cada hoja se pueden obtener aproximadamente 50 gr de fibras, dependiendo de la calidad del raspado.

Fotografía 59: Pesado de fibras



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Bagazo: Estas pequeñas fibras son extraídas después del proceso de fermentación y destilación, pasaron por el cocimiento y la molienda. Estas fibras continúan húmedas unos días hasta secarse. Su longitud varía desde los 0.25 cm y hasta los 2 cm. Actualmente este recurso se desecha y se acumula (ver fotografía 60), de allí la importancia de aprovechar estas fibras para reusar y agregarle valor a los materiales tradicionales de construcción. Después de una quema de piñas, aproximadamente se desechan de tres a cuatro carretillas copeteadas de bagazo (cien kilos por carretilla).

Fotografía 60: Bagazo acumulado de una quema



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

3.1.3. Caracterización de propiedades físicas del adobe tradicional

Cada región del mundo tiene adobe de diferentes propiedades (tamaño, peso, suelo, proporción suelo-agua, composición, densidad, etc.) esto depende principalmente de las características geofísicas del lugar y las necesidades específicas de la población, entre otros factores.

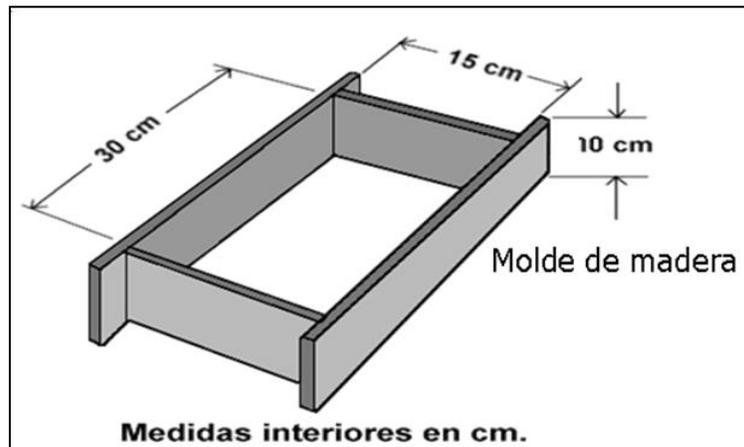
Existen distintos tamaños de ladrillo de adobe, según las tradiciones constructivas, las zonas geográficas, las costumbres y demás aspectos, por ejemplo, las dimensiones más comunes son las siguientes:

Latinoamérica: 38 cm de largo, 35 cm de ancho y 12 cm de alto.

España: 30 cm de largo, 15 cm de ancho y 10 cm de alto.

Nuevo México (EE.UU.): 35.5 cm de largo, 25 cm de ancho y 10 cm de alto.

Imagen 8: Medidas de un molde para adobe



Fuente: <http://avocado.nocoolonesleft.com/como-hacer-adobes-de-barro/>

En realidad, el tamaño no es lo más importante, lo esencial es la comodidad con sus dimensiones y su peso para manipularlos. Respecto a las proporciones de la mezcla, en México se aconseja que el bloque de adobe presente entre 45 y 70% de arena, y entre 20 y 40% de arcilla.

En Santa María la Asunción se elaboran de la siguiente manera:

Tamaño: 40cm de largo, 20cm de ancho y 14cm de alto.

Peso aproximado de 17 a 18 kg.

Proporciones de la mezcla: 20% barro/arcilla, 60% tierra/arena, 19.4% agua y 0.6% fibras naturales.

Fotografía 61: Adobe tradicional



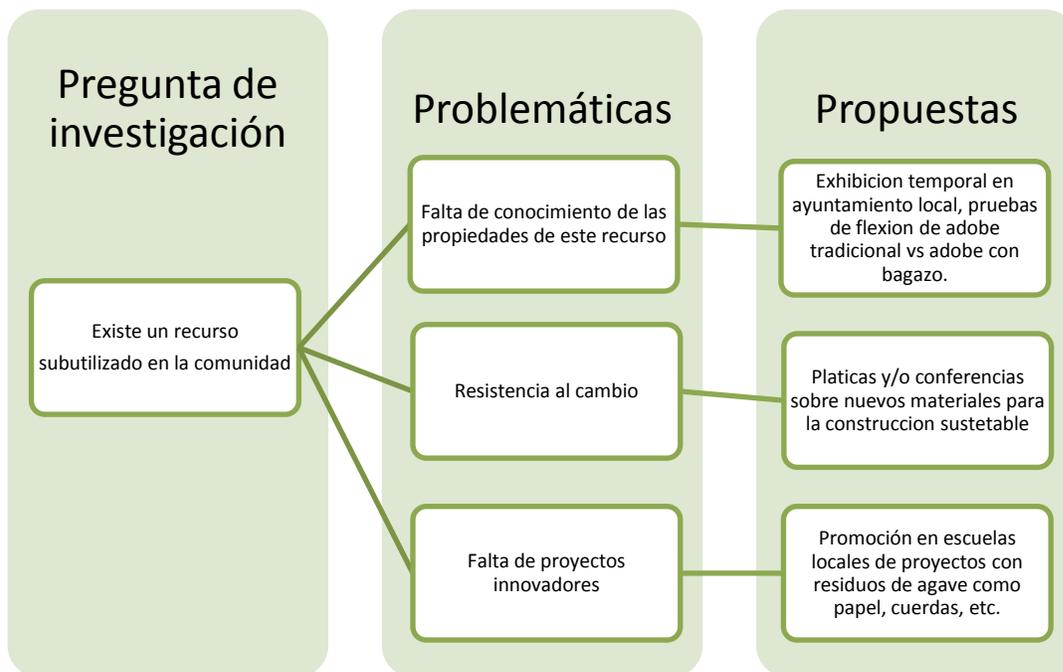
Fuente: Trabajo de campo, 2018.

3.2 Encuestas y resultados

La encuesta como instrumento de investigación es esencial para el análisis cualitativo del objeto de estudio de esta tesis, es decir, nos indicará la opinión de los habitantes de Santa María la Asunción respecto a los usos del bagazo y fibra de agave al natural y en la elaboración de bloques de adobe, así como su pertinencia social en su contexto rural.

Con respecto a una de las preguntas de investigación planteada al inicio de esta tesis: ¿Por qué las fibras y/o bagazo de agave es un recurso subutilizado por población de Santa María la Asunción? y de acuerdo a las posibles problemáticas derivadas de esta pregunta y de acuerdo a los resultados de las encuestas se puede proceder a elaborar el siguiente diagrama.

Imagen 9: Diagrama de preguntas, problemáticas y propuestas



Fuente: Elaboración propia

Las propuestas presentadas anteriormente son prematuras y requieren de un trabajo en conjunto con las autoridades y ciudadanía local para poderse llevar a cabo.

La culminación de las propuestas antes mencionadas no será contemplada dentro de esta investigación debido a la dificultad en tiempos, recursos humanos y económicos.

Para obtener el número de encuestas a realizar se empleó la fórmula para calcular el tamaño de una muestra conociendo el tamaño de la población, la cual se expresa de la siguiente forma:

$$n = \frac{Z^2(p \times q)}{e^2 + \frac{Z^2(p \times q)}{N}}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra= a determinar

Z=Nivel de confianza deseado=90%=valor de tablas= 1.645

e=nivel de error=10%

N= Tamaño de la población =400

p=proporción de la población con la característica deseada, éxito=0.5

q= proporción de la población con la característica deseada, éxito=0.5

Por lo tanto:

$$n = \frac{1.645^2(0.5 \times 0.5)}{0.1^2 + \frac{1.645^2(0.5 \times 0.5)}{400}} = \frac{2.706025 \times 0.25}{0.011691265625} \cong 58$$

El número de encuestas a realizar es de 58 para que nuestra muestra sea significativa, en otras palabras, es el mínimo de encuestas necesarias para que nuestros resultados tengan una confianza del 90% y un margen error del 10%. Si deseamos una mayor confianza y un margen de error menor, la muestra necesariamente deberá incrementarse.

El formato del cuestionario, el cual consistió de ocho preguntas, de las cuales algunas son cerradas y otras abiertas, dicho formato se encuentra en los anexos de este documento.

Resultados de las encuestas

Después de la aplicación y captura de datos, las encuestas proyectaron los siguientes resultados. Las edades de los encuestados oscilaron entre los 19 y 76 años, con actividades económicas predominantes como agricultores, albañiles y comerciantes. De los encuestados un 30% mencionaron no conocer algún uso para el bagazo después del destilado de mezcal, mientras que un 62% mencionaron que su uso es para abono y un 8% no contestó. La población confirmó no conocer ningún proyecto innovador que reutilice el bagazo de agave en un 91%, el 9% restante mencionó que podría utilizarse para la fabricación de papel. Las viviendas de los encuestados tienen de 21 a 48 años de haberse construido y la mayoría de éstas casas, están compuestas de: adobe y block 25%, únicamente adobe 12%, adobe y cemento 7%, block y lámina 16%, únicamente block 8%, cemento 8%, block y madera 4%, adobe y piedra 4%, adobe y madera 3%, otros 13%. Se le pidió a los encuestados enumerar las cualidades (del 1 al 6) que consideran más importantes en un material de construcción, a continuación, se presentan de mayor a menor frecuencia: que el material sea resistente un 32%, económico/barato 29%, térmico 12%, acústico (aislante sonoro) 9%, ecológico 7%, fabricado localmente 7% y el 4% de los encuestados, no contestó. El 82% cree que el adobe es mejor que el block para la construcción, debido a razones como su termicidad y durabilidad, por otro lado, el 18% cree que el block es superior al adobe debido a su alta resistencia. Para los encuestados el material más ecológico en su elaboración es el block gris con un 64%, el adobe con un 18%, la madera con un 10% y el aluminio con un 8%. Por último, el 94% de los encuestados estarían dispuestos a emplear el adobe reforzado con fibras de bagazo para su vivienda y el 6% no lo usarían.

De lo anterior se infiere que el block es un material que está de moda y se desconoce las ventajas del adobe con fibras de agave. De estos resultados podemos llegar a algunas conclusiones prematuras, por ejemplo, la mayoría de las viviendas tienen adobe y block, dos de los materiales más empleados en comunidades rurales, la población cree que el block es más ecológico que el adobe y que el material sea barato es una razón importante para adquirirlo, sin considerar que el adobe en su elaboración impacta menos al ambiente y contribuye a una identidad cultural. Muchos de los

encuestados consideran que el adobe es mejor que el block debido a su termicidad y durabilidad, pero los resultados también demuestran que prefieren comprar block en lugar de adobe por su bajo costo, aunque casi todos estarían dispuestos a emplear adobe adicionado con bagazo de agave. Es importante dar a conocer a la población los beneficios del adobe, así como los beneficios al adicionar bagazo de agave y las desventajas del block, que es más barato pero su fabricación contamina más.

CAPÍTULO IV

MARCO NORMATIVO DE VIVIENDA Y VIVIENDA SOCIAL

4.1 Ley de la vivienda

El derecho a una vivienda digna no solamente hace referencia al derecho de toda persona de disponer de cuatro paredes y un techo donde encontrar refugio, sino que también implica tener acceso a un hogar y a una comunidad seguras en las que vivir en paz, con dignidad y salud física y mental, según Valdés (2016), este derecho está establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el Plan Nacional de Desarrollo, en la Ley de la Vivienda y en el Programa Nacional de Vivienda, el Código de Edificación de Vivienda, la Declaración Universal de los Derechos Humanos, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, así como la Ley General de Desarrollo Social, estos, constituyen el marco normativo de la acción habitacional del gobierno federal.

Dentro del marco normativo, la vivienda refiere a la Ley de Vivienda, que en su Título Primero de las Disposiciones Generales, Capítulo único. Dice:

Artículo 1.- La presente Ley es reglamentaria del artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de vivienda. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto establecer y regular la política nacional, los programas, los instrumentos y apoyos para que toda familia pueda disfrutar de una vivienda digna y decorosa. La vivienda es un área prioritaria para el desarrollo nacional. El Estado impulsará y organizará las actividades inherentes a la materia, y con la participación de los sectores social y privado, de acuerdo con las disposiciones de esta Ley. La política nacional y los programas, así como el conjunto de instrumentos y apoyos que señala este ordenamiento, conducirán el desarrollo y promoción de las actividades de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en materia de vivienda, su coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y municipios, y la concertación con los sectores social y privado.

Artículo 2.- Se considerará vivienda digna y decorosa, la que cumpla con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de asentamientos humanos y construcción, habitabilidad, salubridad, cuente con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad jurídica en cuanto a su propiedad o legítima posesión, y

contemple criterios para la prevención de desastres y la protección física de sus ocupantes ante los elementos naturales potencialmente agresivos.

Artículo 3.- Las disposiciones de esta Ley deberán aplicarse bajo principios de equidad e inclusión social de manera que toda persona, sin importar su origen étnico o nacional, el género, la edad, la discapacidad, la condición social o económica, las condiciones de salud, la religión, las opiniones, las preferencias o el estado civil pueda ejercer su derecho constitucional a la vivienda. Las políticas y programas, así como los instrumentos y apoyos a la vivienda a que se refiere este ordenamiento, se regirán bajo los principios de respeto a la legalidad y protección jurídica a la legítima tenencia, así como el combate a la invasión de predios y al crecimiento irregular de las ciudades. Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que lleven a cabo u otorguen financiamiento para programas o acciones de vivienda, quedan sujetas a las disposiciones de esta Ley y demás ordenamientos que resulten aplicables.

Los organismos encargados de financiar programas de vivienda para los trabajadores, conforme a la obligación prevista en el artículo 123 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se regirán en los términos de las leyes que regulan su propia organización y funcionamiento y coordinarán sus lineamientos de política general y objetivos a lo que marca esta Ley y el Plan Nacional de Desarrollo. Los representantes gubernamentales en los órganos de gobierno, administración y vigilancia de dichos organismos, cuidarán que sus actividades se ajusten a lo dispuesto en esta Ley

Artículo 4.- Para los efectos de esta Ley, se entenderá por: I. Autoproducción de vivienda: el proceso de gestión de suelo, construcción y distribución de vivienda bajo el control directo de sus usuarios de forma individual o colectiva, la cual puede desarrollarse mediante la contratación de terceros o por medio de procesos de autoconstrucción; II. Autoconstrucción de vivienda: el proceso de construcción o edificación de la vivienda realizada directamente por sus propios usuarios, en forma individual, familiar o colectiva; III. Estímulos: las medidas de carácter jurídico, administrativo, fiscal o financiero que establezcan los diferentes órdenes de gobierno

para promover y facilitar la participación de los sectores social y privado, en la ejecución de acciones, procesos o programas habitacionales.

4.2 Programa Nacional de Vivienda

La principal justificación de esta investigación se fundamenta en El Programa Nacional de Vivienda 2014-2018, que ha sido formulado en apego a las prioridades de la política de vivienda, y contribuirá a alcanzar los objetivos dispuestos en el Programa Sectorial de Desarrollo Agrario y Territorial y Urbano (PNV, 2014). Aquí, se comentan beneficios, sin embargo, no se hace énfasis en mejorar la vivienda, no se habla de mejorar los materiales de construcción, hacerlos sustentables. Asimismo, La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), (en Colozio, Sato y Dedini (2013). Eligió el 2009, como el Año Internacional de las Fibras Naturales, lo que demuestra la importancia socioeconómica, ambiental y cultural que estas fibras presentan en la generación de ingresos y valor cultural, sin embargo, hay mucho que investigar en cuanto a fibras naturales se refiere.

En estudios realizados por Zendejas, Gómez y Estrada (2017), se comenta que el sector de la vivienda en México, ha tenido un crecimiento en los últimos dos sexenios de más del 85%, aunado al programa de construcción oficial de vivienda para garantía de créditos. Cada año la adquisición de vivienda mediante créditos inmobiliarios principalmente provenientes de programas de gobierno va en creciente demanda. Esto representa impactos en el consumo de energía, problemas locales por la falta de agua, y la generación de desechos sólidos, todos estos relacionados con la vivienda aglomerada en grandes conjuntos habitacionales. En lo que respecta a “las emisiones de bióxido de carbono, equivale casi el 8% del total en México” (Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), 2007: 259). El artículo 4° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, instituye el derecho de toda familia para disfrutar de una vivienda digna y decorosa. La ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo, sin embargo, el término digno y decoroso no está establecido en la ley mexicana de manera integral, por lo cual se deja abierto a los cuestionamientos morales y éticos del concepto vivienda y sus implicaciones de funcionamiento espacial.

Lo cual implica la clasificación y tipología de la misma desde sus elementos constructivos y superficies de construcción, esto, conlleva al costo y valor.

Por ende, el Programa Nacional de Vivienda (2014-2018), comentan Zendejas, Gómez y Estrada (2017), precisa que, el concepto de vivienda digna se refiere al límite inferior al que se pueden reducir las características de la vivienda sin sacrificar su eficacia como satisfactor de las necesidades básicas, no suntuarias, habitacionales de sus ocupantes. Además señala que este tipo de vivienda deberá cumplir simultáneamente con los siguientes requisitos: estar ocupada por una familia, no tener más de 2.5 habitantes por cuarto habitable, no estar deteriorada, contar con agua entubada en el interior, contar con drenaje, contar con energía eléctrica y las demás que existan dentro de las normas oficiales mexicanas en cuanto a materiales de construcción.

4.2.1 Edificación sustentable, norma NMX-AA-164-SCF-2013

La norma NMX-AA-164-SCF-2013 Edificación Sustentable (2013), es una práctica voluntaria que aplica a todas las edificaciones del país, públicas o privadas, de uso mixto o único, de índole habitacional, comercial, de servicios o industrial. Se elabora con la participación de diferentes dependencias y organizaciones, públicas y privadas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, Secretaría de Desarrollo Social, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Iberoamericana, entre otras) y tiene como objetivo inducir la transición hacia prácticas de edificación sustentables que contribuyan a la protección del ambiente, la salud y el confort de los ocupantes y la productividad de las personas. Esta norma busca ser referente para programas de regulación, autorregulación, certificación, reconocimientos y auditorías ambientales en el ámbito federal y local, para la protección y orientación a los consumidores respecto a la calidad de la edificación y para resoluciones de controversias de carácter civil, mercantil o administrativo (NMX-AA-164-SCF-2013 Edificación sustentable, 2013).

Según la SEMARNAT (2018), la Norma Mexicana en materia ambiental es un instrumento de autorregulación establecido por La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), que contiene especificaciones técnicas más estrictas que las norma oficiales mexicanas o que se refieren a aspectos no previstas por estas, las cuales son establecidas de común acuerdo con particulares o con asociaciones u organizaciones que los representen, con estricto apego a la Ley Federal de Metrología y Normalización.

En la Edificación Sustentable, la NMX-AA-164-SCFI-2013, integra las disposiciones de otras normas, oficiales y mexicanas, tales como:

Energía

- NOM-007-ENER-2004 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- NOM-008-ENER-2001 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- NOM-013-ENER-2004 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades.
- NOM-017-ENER/SCFI-2008 Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autoabalastradas. Límites y Métodos de Prueba.
- NOM-020-ENER-2011 Eficiencia Energética en Edificaciones, envolvente de edificios para uso habitacional, tanto en su construcción como en su consumo.
- NOM-028-ENER-2010 Eficiencia Energética de lámparas para uso general. Límites y Métodos de Prueba NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas, Utilización .
- NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo (SEMARNAT, 2018).

Sus aplicaciones se focalizan en una serie de procedimientos y requisitos generales y particulares para la edificación según Alvirde (2016), se enuncian en la siguiente tabla:

Tabla 4: Requisitos para La Norma NMX-AA-164-SCF-2013

Requisitos generales:	Requisitos particulares
Generar información mensual del consumo de agua y energéticos	Evaluación del suelo: ubicación, suelo urbano o urbanizable, disponibilidad de agua y energía, uso de suelo.
Ofrecer información para los usuarios para el funcionamiento de instalaciones y equipos (mantenimiento, operación, etcétera)	Previsión de áreas libres para uso común, infiltración de agua, porcentaje de áreas verdes, estacionamientos, acceso peatonal, estacionamiento para bicicletas, etcétera
Requisitos de mantenimiento de áreas verdes	Regulación de consumo de energía: envolventes y aislantes térmicos, implementación de por lo menos 10% de energías renovables, lámparas y electrodomésticos con certificación de eficiencia energética.
Criterios de manejo de Residuos Sólidos Urbanos	Eficiente uso de agua: diseño de sistemas hidráulicos (pozos, aguas superficiales), instalaciones de captación, almacenamiento y aprovechamiento de agua pluvial, sistemas de recarga artificial, uso de aguas residuales, plantas de tratamiento en edificaciones mayores a 2500 metros cuadrados.
Información de protección civil	Manejo adecuado de RSU: análisis de ciclo de vida
	Calidad ambiental y responsabilidad social: manejo de biodiversidad, manejo de paisaje, general identidad
	Calidad del ambiente interior: asegurar confort térmico, acústica, cuidado adecuado de mascotas y animales, iluminación natural, calidad de aire.
	Responsabilidad social: accesibilidad, limpieza y mantenimiento, espacio vital.

Fuente: Violeta Alvirde (2016), con base en la norma NMX-AA-164-SCF-2013

De lo anterior, es aplicable la eficiencia energética en edificaciones sustentables, pues la autoconstrucción y la fabricación de adobes en crudo evitan la emisión de gases tóxicos y disipación energética mecanizada.

Las edificaciones que busquen un certificado de verificación de edificio sustentable deberá contratar una unidad de verificación, la cual deberá estar autorizada por una entidad de acreditación y por la PROFEPA, y estas a su vez deberán remitir a la Subsecretaría de Fomento y Normatividad de SEMARNAT un informe semestral de los dictámenes de verificación emitidos.

El dictamen que resulte de la verificación tendrá una vigencia de tres años, afirma Alvirde (2016). Asimismo, para otorgar un dictamen favorable, la edificación deberá cumplir con diferentes condiciones de los requisitos generales y particulares: planos del proyecto, manual de usuario, en caso del suelo: estudio de impacto ambiental, zonificación, proyecto de infraestructura urbana, atlas de riesgo identificado. En el caso de la energía y el agua se deben cumplir con las *Normas* aplicables para materiales, aparatos, accesorios e instalaciones. En materia de manejo de residuos sólidos urbanos, se deberá entregar un catálogo de conceptos y cumplir con las *Normas* de cada aspecto: uso de madera, reporte del análisis del ciclo de vida de los materiales, un inventario del material estructural, datos del volumen de residuos generados. En materia de la calidad ambiental y responsabilidad social: levantamiento de fauna y flora, estudio de impacto visual, proximidad de áreas protegidas y de valor ambiental, selección adecuada de árboles y plantas, comprobación de niveles sonoros.

4.3 Vivienda Social Sustentable

El Gobierno Federal, ha implementado dos programas nacionales: Vivienda Digna y el Programa de Vivienda Rural, para éste, se destinaron 2,036.8 millones, otorgando 74,915 subsidios, se atendieron 10,373 localidades de 1,271 municipios en todo el país, en beneficio de aproximadamente 396,330 personas. El Consejo Nacional de Vivienda Verde (CONVIVES), tiene el propósito de atender a las familias propietarias de su terreno y que no cuentan con financiamiento de la banca y que cuentan con trabajo

informal (Topelson, 2016), y los atiende con proyectos de autoproducción, tecnologías de vanguardia, calidad y sustentabilidad.

Es indispensable edificar viviendas de acuerdo con la perspectiva teórica de la arquitectura bioclimática, su concepto prevé un proyecto arquitectónico que incluya la orientación adecuada de la vivienda, así como la zona correcta para colocar ventanas, a efecto de asegurar ventilación y confort térmico, en estrecha correspondencia con estrategias auxiliares como colocar focos ahorradores, economizar el uso del agua al instalar inodoros de dos pasos y calentadores solares o celdas fotovoltaicas (Gobierno del Estado de México, 2012). En la opinión de Ramírez, Aguiluz y Gutiérrez (2013: 234): “El bajo costo de la vivienda de adobe con energías renovables se relaciona con los sistemas de ahorro en la construcción y las técnicas auxiliares para generar energías alternas a partir de los recursos naturales sin dañar el medioambiente”. El desarrollo del prototipo de vivienda de adobe que proponen contempla:

- a) Un sistema de autoconstrucción.
- b) Un sistema de ahorro en la construcción de los muros de adobe por la mínima cantidad de desperdicio.
- c) En la construcción de los muros, un sistema de ahorro porque no requiere acabados (yesos y pintura).
- d) En la construcción del prototipo, un sistema de ahorro porque requiere un mantenimiento mínimo.
- e) Un sistema de ventilación natural y sistemas mixtos de calefacción.
- f) Un sistema mixto de calefacción (ductos de climatización debajo del piso).
- g) En el rubro energético, el aprovechamiento queda establecido desde el diseño del proyecto arquitectónico sin descuidar aspectos como la orientación, la ventilación, el aislamiento térmico y acústico (*Ibidem*).

Estos autores concluyen que si bien, es importante el riguroso cuidado del ambiente, también es fundamental proveer mejores condiciones de vida para los habitantes. Por ello, el prototipo de vivienda ecológica de tierra cuenta con un diseño adecuado para brindar confort a la población. Ofrecer a las zonas con alto índice de marginación,

requiere de un diseño que favorezca un bajo costo, es decir, unir los sistemas de ahorro y las técnicas alternativas para obtener energías y el aprovechamiento inteligente de los recursos naturales.

La sustitución del adobe en la construcción tradicional por el cemento en las nuevas edificaciones, también tiene repercusiones. El cemento mal utilizado tiene un importante papel en detrimento de los suelos, de los mantos acuíferos, del deterioro del paisaje y de la disminución de la calidad de los espacios habitables, lo cual, se puede apreciar en este comentario.

El problema no es el cemento como material en sí, sino su uso indiscriminado que está arrasando con culturas y formas de vivienda mejores que las condiciones que en términos de habitabilidad brinda este material y mejorables si existieran políticas que permitan que los sistemas de construcción tradicional evolucionaran. Entonces, se recurriría incluso al concreto, pero de manera racional (Aguilar, 2012: 13).

En este sentido, cabe recordar la contingencia ambiental que se está experimentando en el Valle de Toluca, del 15 al 17 de mayo de 2019, que al igual que otros generadores de contaminantes y debido a los gases tóxicos expedidos durante el cocimiento de las piezas, están las tabiqueras y ladrilleras

Además de considerar los materiales constructivos, una propuesta para la vivienda social sustentable debe considerar el aspecto cultural. Últimamente, se han incorporado diversas disciplinas, tal es el caso de la perspectiva psicosocial constructora y metodológicamente integradora para el estudio de los marcos culturales sobre las que se basa la acción social transformadora. Ésta, pretende contribuir al debate, reflexión y análisis de las propuestas orientadas al desarrollo humano sostenible, como formas de acción que permitan la generación de respuestas a los complejos contextos de crisis socioambientales. Asimismo, Pereira (2013), comenta: diversos estudios demuestran que la evidencia empírica indica que tanto la identidad social como los motivos psicosociales tienen una capacidad importante para explicar la participación ciudadana, que para el caso que nos ocupa, una comunidad de bajos recursos, sentiría una cierta

reciprocidad y cooperaría en la autoconstrucción de su vivienda, ya que, la cultura y la definición de la situación, juega un importante papel aglutinador.

Considerar la vivienda social sustentable, exclusiva de las clases marginadas, rurales o en extrema pobreza no sería la solución, ya que también se debe integrar a otros grupos sociales, es decir, no solo personas rurales en extrema pobreza, sino aquellas personas que están cansadas del frenesí citadino, o están constantemente desempleadas. Si bien, en el rezago habitacional del país predominan, dada la pobreza de sus habitantes, viviendas rurales realizadas con materiales y técnicas constructivas locales en estado grave de deterioro, según informa el Estado Actual de la Vivienda en México (2015), no debiera extrapolarse esta constatación, que sirve para medir las carencias y necesidades habitacionales de quienes menos tienen, a la implementación de políticas públicas y normas técnicas y de diseño que cierren el camino a su utilización en las viviendas financiadas o subsidiadas por el sector público. Con esto, desafortunadamente, se contribuirá a la homogeneización del panorama rural y urbano del país, a una pérdida cultural sin retorno y a la falta de identidad y apropiación social del hábitat construido, especialmente en un país como México caracterizado por la riqueza de su diversidad cultural, arquitectónica, climática y de paisaje.

Asimismo, hay que recordar que algunas personas abandonan sus casas rurales en busca de trabajo, y muchas veces éste, se encuentra lejos de su hogar. Una de las razones principales por la cual, las familias abandonan su vivienda es por su ubicación, localizadas generalmente lejos de las fuentes de trabajo, incrementando de forma relevante el costo del transporte, es decir, los propietarios muchas veces se encuentran en la disyuntiva de obtener recursos para el transporte al trabajo o para pagar la renta de una casa cercana al trabajo. La violencia y la inseguridad son otros factores que influyen directamente en el abandono de las viviendas.

4.4 Vida Doméstica en el Municipio de Zumpahuacán

La pobreza es la principal problemática en la vida doméstica de la región de estudio, así como en muchas otras poblaciones rurales mexicanas. El fenómeno de la pobreza,

responde a una inequidad en la distribución de bienes y servicios fundamentalmente, así como en otros sentidos: social, cultural, económica, laboral, de género. Esto se debe fundamentalmente a que el concepto está construido desde una perspectiva puramente analítica (Batthyány, 2008). Entre otros aspectos que van de la mano, son la marginalidad, la discriminación, la intolerancia, la exclusión y hasta la violencia por mencionar algunos.

Por lo tanto, sin acceso a servicios energéticos y de agua potable modernos, las mujeres y las niñas pasan la mayor parte de su día en la realización de tareas básicas de subsistencia, lo que les consume gran parte de su tiempo y les disminuye su bienestar físico, limitando con ello su acceso a oportunidades educativas y de empleo y con ello, la posibilidad de mejorar sus opciones de vida. Dentro de este contexto, las mujeres también han limitado sus opciones de interacción social y política fuera del hogar. Lo cual lleva a una injusticia social, lo que se tiene que distribuir son los bienes primarios (Dieterlen, 2014), es decir, las menos favorecidas son, como bien se sabe, las mujeres, debido al fenómeno denominado “la feminización de la pobreza”.

Según la ONU Mujeres, la pobreza energética, junto con la escasez de agua potable, son dos de los desafíos más críticos que enfrenta la comunidad internacional en la actualidad. Al mismo tiempo, el acceso a la energía y al agua potable son elementos fundamentales para el desarrollo económico y social, y debido a la naturaleza de género que muestra esta problemática en zonas rurales, el acceso a la energía moderna o sostenible, así como al agua potable también pueden mejorar significativamente las condiciones de las mujeres mediante la reducción del tiempo invertido en las cargas de trabajo, la mejora de su salud y seguridad, así como ofreciéndoles oportunidades para la empresa y la creación de capacidades. Así pues, el acceso limpio, asequible y sostenible de energía y agua son factores propicios para el desarrollo económico y la reducción de la pobreza, así como para el logro de objetivos de desarrollo acordados internacionalmente, tales como garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y la promoción de la igualdad de género (Habtezion, 2013), (MRFCJ, 2013).

4.5 Salud y vivienda

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han reconocido que la vivienda es un espacio que debe brindar bienestar y confort a su usuario. Estableciendo que todo ser humano requiere de un ambiente digno, que le ayude a su crecimiento integral, emocional, físico y mental. La vivienda según Barba (2015), es el espacio más importante para el ser humano, ya que en ella, realiza diversas actividades que les son de gran significado. Por ello, este espacio debe garantizar habitabilidad, salubridad y confort. Lo cual puede ser desde la sustentabilidad.

La problemática que enfrenta la construcción de vivienda es muy compleja ya que influyen diversos aspectos. Según Chertorivski (2006), del día de hoy al 2020 se requerirán más de 13 millones de viviendas, por la transformación del perfil demográfico que el país vivirá en los próximos 40 años. Al ritmo actual se podrán construir –únicamente– ocho millones, y si sumamos a esto el déficit acumulado, tenemos una importante meta que atender, en particular respecto a las familias de menores ingresos (las que ganan menos de tres salarios mínimos mensuales), ya que hoy todavía no existen mecanismos –sustentables, no sólo opciones de mercado–, es decir, programas públicos que puedan perdurar a lo largo del tiempo.

La pobreza y la desigualdad son fenómenos que van en aumento y que no han sido superados en la región latinoamericana, según señala Arriagada (2005). Asimismo, sostiene que la pobreza es de naturaleza compleja, relacional y multidimensional. Las causas y características de la pobreza difieren de un país a otro y su interpretación depende de factores culturales, como los de género, raza y etnia, así como del contexto económico, social e histórico. Bajo este entendido, el concepto de pobreza se ha elaborado y la pobreza misma se ha medido en función de carencias o necesidades básicas insatisfechas, utilizando indicadores como la ingesta de alimentos, el nivel de ingresos, el acceso a la salud, la educación y la vivienda. Sin embargo, cada vez más se incorporan aspectos no materiales relacionados con el bienestar y otros de carácter

más cualitativo, como los vinculados a la vulnerabilidad, la inseguridad y la exclusión social.

En este capítulo se consideraron la vida doméstica, la salud y la vivienda, toda vez que resulta importante resaltar que en la región de estudio se observó tanto el uso del fuego para cocinar alimentos, como la elaboración de adobes, el fuego tiene repercusiones en la salud y en cuanto a la vida cotidiana, muchas mujeres, después del reciente sismo en México, se pusieron a hacer adobes, lo cual implicaría una nueva forma de empleo, de autoconstrucción y de inclusión en la vida laboral.

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE BIOCONSTRUCCIÓN

Y RESULTADOS

5.1 Propuesta de un prototipo de vivienda

La bioconstrucción, se entenderá para efectos de esta investigación como la forma de construir viviendas, espacios habitables u otros elementos, incluyendo materiales biológicos en los procesos de la edificación. Para poderlo llevar a cabo, cabe recordar que en cuestiones relacionadas con el ambiente y su relación con el hombre se han alentado debates y acciones para prevenir los efectos negativos sobre el ambiente, según opinan Techio; Pereira y Neres (2016). Para desarrollar programas efectivos que promuevan acciones más sostenibles en la construcción se necesita saber lo que la gente piensa y saber acerca de la sostenibilidad, los significados y las ideas socialmente compartidas. Ya que existe una representación social de la sostenibilidad asociada a la dimensión ambiental: medio ambiente y naturaleza. Es por ello, que se debe indagar sobre la percepción que tienen los usuarios de la bioconstrucción.

Se pretende realizar un prototipo innovador en su diseño y material, con respecto a esta actividad, de Hoyos Martínez (2014), comenta que el proceso de diseño es complicado y lo define como un proceso complejo que caracteriza la participación como campo de conocimiento en el espacio-tiempo, donde la confluencia de saberes, conocimientos, tecnologías y ciencias están a su servicio, donde se construye un concepto de lugares a partir de las condiciones de habitabilidad de un colectivo social y su cultura. Complementando esta postura, Jiménez Cervantes, presenta como herramienta para estructurar el análisis de estos componentes, la geometría a la topología, lo cual, permite conjuntar los caracteres cualitativos, cuantitativo y de diversas disciplinas como la etnología y la matemática, a través de modelos flexibles que permiten abstraer los procesos complejos para que puedan ser abordados y “replantados a través de pensamientos diferentes a los tradicionales, siendo estos el geométrico, numérico o correlacionado con prácticas de otras disciplinas como lo son las historias de vidas, encuestas y cálculos de probabilidades, creando así procesos de diseño con menos limitantes, contenidos profundos y aplicaciones menos técnicas y más cercanas a las actividades humanas” (Hernández y otros, 2017: 976).

5.2 Diseño sugerido

En este apartado se realizó una propuesta de vivienda mínima ya que se ubica en un entorno rural y está diseñada para una familia de cuatro miembros. El material fundamental es el adobe con bagazo de agave debido a los resultados positivos de las pruebas, cuenta con travesaños de madera y techumbre a dos aguas de palma y/o teja para emplear materiales ecológicos. Para este diseño se utilizó el software ArchiCAD, con el apoyo de la Dra. Liliana Romero Guzmán, con base en un proyecto financiado por la Oficina de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea (ECHO), el Movimiento por la Paz, el Desarme y la Libertad (MPDL) y el Centro para la Prevención de Desastres de Perú (Predes), denominado: *Rehabilitación de comunidades rurales afectadas por el sismo del 23 de junio 2001 en la provincia de Moquegua, Perú*. Disponible en: http://www.predes.org.pe/predes/t_reforzado.htm

Dicha propuesta de vivienda pretende satisfacer las necesidades complementarias de habitat para el mezcalillero José Luis Medina Millán y su familia. La cual consta de dos habitaciones amplias y conexión entre ellas, dos ventanas y dos puertas. Algunas de las medidas importantes se muestran en la tabla 5:

Tabla 5: Dimensiones de la vivienda propuesta

Concepto	Medidas
Tamaño del adobe	0.4m x 0.2m x 0.14m
Altura total	3.0 m
Longitud de frente	7.8 m
Ancho total	2.6 m
Pendiente de techumbre	15%
Altura de los muros hasta la cornisa	2.2 m
Ancho de los muros	0.2 m
Dos puertas	2.1 m x 1m c/u
Dos ventanas	1m x1m c/u

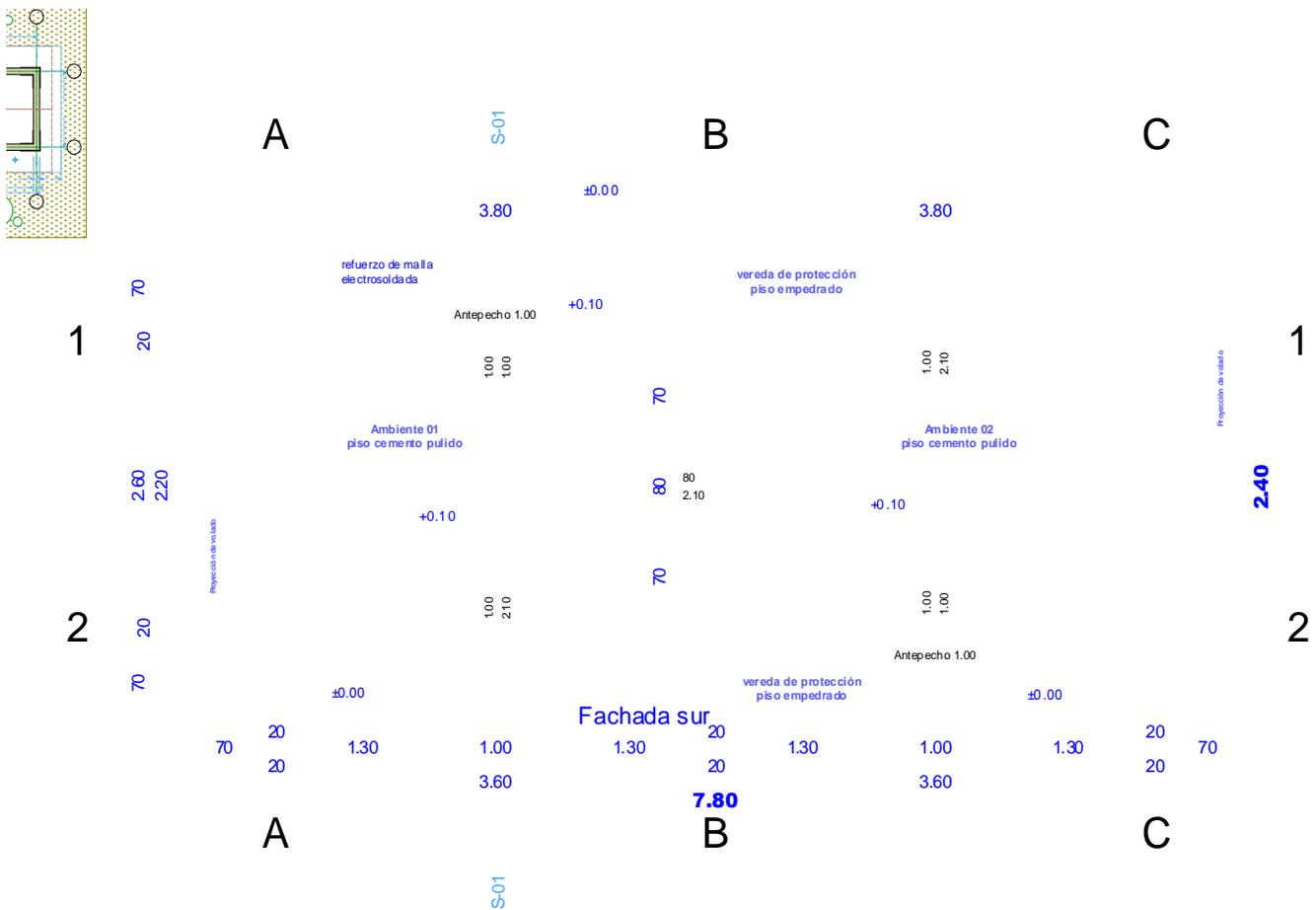
Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que si la vivienda fuese construida con block gris hueco los costos serían menores, pues la pieza oscila entre los 5.5 y 10.5 pesos, esto debido a que es fabricado por un proceso automatizado y en masa. Por otro lado, el adobe crudo

tiene un costo mayor (entre los 8.0 y los 14.5 pesos por pieza), pero su producción impacta menos al ambiente, en otras palabras, la materia prima se obtiene del suelo y no se produce a escala industrial, al contrario del block que desgasta y erosiona los montes. Según Aguiluz y otros (2018) el precio unitario de un metro cuadrado de muro con bloques de tierra comprimida de 50 unidades es de 755 pesos. Recordar que en la vivienda por autoconstrucción no se paga la mano de obra.

A continuación se muestran los planos de la vivienda:

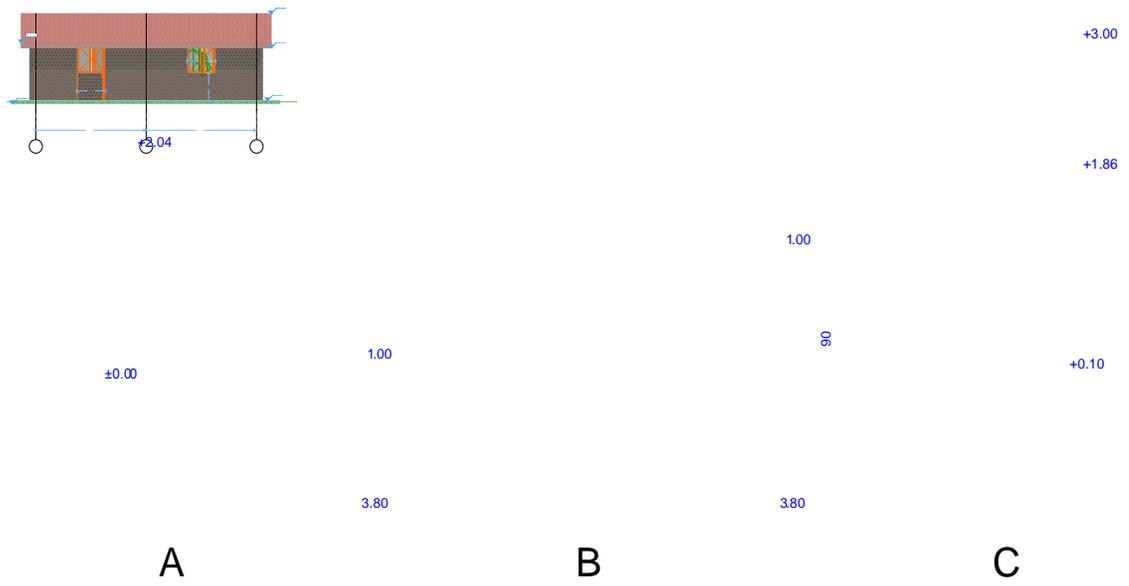
Imagen 10: Plano de vivienda



PLANTA Escala 1:50

Fuente: Liliana Romero Guzmán

Imagen 11: Vista lateral de vivienda



**Serie de imágenes renderizadas por computadora:
Distintos ángulos de la vivienda**





Fuente: Diseño de Liliana Romero Guzmán.

RESULTADOS

5.3 Ficha técnica

Se determinaron las características de peso, volumen, peso volumétrico, porcentaje de absorción de agua y resistencia a la compresión (capacidad de soportar cargas verticales) de los bloques de adobe. Se ensayaron un total de 8 piezas de 4 diferentes composiciones: a) con arcilla y zacate (respetando las características físicas de tamaño, peso y proporción de la mezcla de la región de Santa María la Asunción), b) arcilla y fibras de agave, c) arcilla y bagazo, d) arcilla, fibras y bagazo. Con una concentración de fibras y/o bagazo del 18% con respecto al peso del adobe, una longitud promedio de fibra de ixtle de 40 a 60 centímetros y una longitud promedio de fibras de bagazo de 0.25 a 2.5 cm, en una orientación aleatoria de las mismas. Las pruebas a compresión se llevaron a cabo utilizando una prensa modelo Forney QC-150-DR de 2,000 a 20,000 kilogramos-fuerza. En la fotografía 62, se muestran algunos de los ejemplares ensayados. Las pruebas se efectuaron en el laboratorio de materiales “Ing. Javier Barros Sierra” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México de acuerdo con las siguientes etapas:

Fotografía 62: Piezas de adobe características de la región de Santa María la Asunción, Zumpahuacán, Estado de México.



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

1. Peso y volumen: se obtuvieron las dimensiones y el volumen de las piezas, posteriormente los bloques fueron pesados en una báscula digital Braunker YP-200 con capacidad de hasta +-500kg con una superficie de 70x70 cm.

Fotografía 63: Obtención de dimensiones Fotografía 64: Pesaje de bloques



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Una vez realizadas las mediciones se observaron los siguientes resultados:

Tabla 6: Dimensiones, volúmenes y peso de las muestras

Muestra	Composición de los bloques	Dimensiones (cm) y volumen (cm ³)	Peso por pieza (kg)
1	Tierra y zacate (Adobe tradicional)	40.8x21x14 = 11995	18.20
2	Tierra y bagazo	40.1x20x13.9 = 11147	17.20
3	Tierra y fibra de agave	40.2x20.4x14 = 11481	18.10
4	Tierra, bagazo y fibra de agave	39.1x20x14.1 = 10998	17.40

Fuente: Elaboración propia

2. Preparación de las muestras: para los ensayos a compresión, frecuentemente es utilizada una capa que consiste en barnizar con azufre toda la superficie del abobe para

que la superficie se encuentre lo más lisa posible y los grumos no modifique la presión ejercida por la superficie de la máquina, debido a que el adobe no se puede recubrir con esa capa de azufre, se empleó una arena fina, esto para lograr una mejor distribución de la fuerza de compresión sobre las piezas de adobe (ver fotografía 65). De tal modo que la presión ejercida al adobe sea lo más homogénea posible.

Fotografía 65: Cubierta de arena sobre los adobes



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

3. Resistencia a compresión: comprendida como la capacidad para soportar cargas verticales, es decir, la fuerza aplicada sobre un área determinada. Para esta prueba se aplicó fuerza de compresión a cada pieza de adobe de manera independiente hasta alcanzar la falla y se registró su valor (ver fotografías 66 y 67).

Fotografías 66 y 67. Vista frontal y lateral de la compresora Fournery QC-150-DR con contador digital en operación



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Tabla 7. Resistencia a compresión de las muestras

Muestra	Composición de los bloques	Fuerza ejercida (kgf)	Área de contacto (cm ²)	Resistencia a la compresión (kgf/cm ²)	Resistencia a la compresión (Mpa)
1	Arcilla y zacate (Adobe tradicional)	1380	418	3.3014	0.3239
2	Arcilla y bagazo	1870	419	4.4730	0.4386
3	Arcilla y fibra de agave	1400	418	3.3412	0.3278
4	Arcilla, bagazo y fibra de agave	1740	419	4.1521	0.4074

Fuente: Elaboración propia.

Según algunos estudios (Vera y Miranda, 2004), la resistencia a compresión promedio del adobe fabricado en México va desde los 0.18 Mega Pascales (1.81 kg/cm²) y hasta los 0.76 MPa (7.57 kg/cm²), por lo que la muestra dos (tierra y bagazo) supera a las demás muestras incluyendo al adobe tradicional fabricado en la región de estudio, es decir, es un 35% más.

Fotografía 68. Piezas de adobe fracturadas debido a la compresión



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

4. **Capacidad de absorción:** existen dos pruebas para obtener este parámetro, la prueba rápida y la completa (las dos se realizaron). En la prueba rápida se pesa en seco el bloque, se sumerge en agua 2 centímetros de altura y después de 30 minutos se pesa. En la prueba completa cada pieza se pesa en seco, después se sumerge en agua (21°C) durante 24 horas y posteriormente se vuelven a pesar para conseguir el peso saturado. Finalmente se obtiene el porcentaje de absorción de agua con la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad de Absorción} = \frac{\text{Peso}_{\text{saturado}} - \text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Peso}_{\text{seco}}} \times 100$$

Fotografía 69: Inmersión del adobe



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Fotografía 70: Obtención del peso saturado



Fuente: Trabajo de campo, 2018.

Tabla 8: Porcentaje de absorción de las muestras

Muestra	Composición	Peso en seco (kg)	Peso saturado (kg)	Capacidad de Absorción (%)
1	Arcilla y zacate Adobe tradicional	18.20	20.55	12.912
2	Arcilla y bagazo	17.20	19.50	13.372
3	Arcilla y fibra de agave	18.10	20.50	13.259
4	Arcilla con bagazo y fibra de agave	17.40	19.80	13.793

Fuente: Elaboración propia.

La prueba rápida arrojó resultados más confiables que la prueba completa ya que el adobe al ser sumergido completamente tiende a desmoronarse, lo cual dificulta su pesaje. Es importante que las piezas no superen el 16% de absorción, además se esperaba un porcentaje mayor de absorción para el bloque compuesto de bagazo y fibras.

5.4 Análisis de Resultados

En el siguiente cuadro comparativo se presentan las muestras y los factores a contrastar, buscando las propiedades óptimas para la construcción, siendo 1° el de mejor condición y 4° el de menor condición:

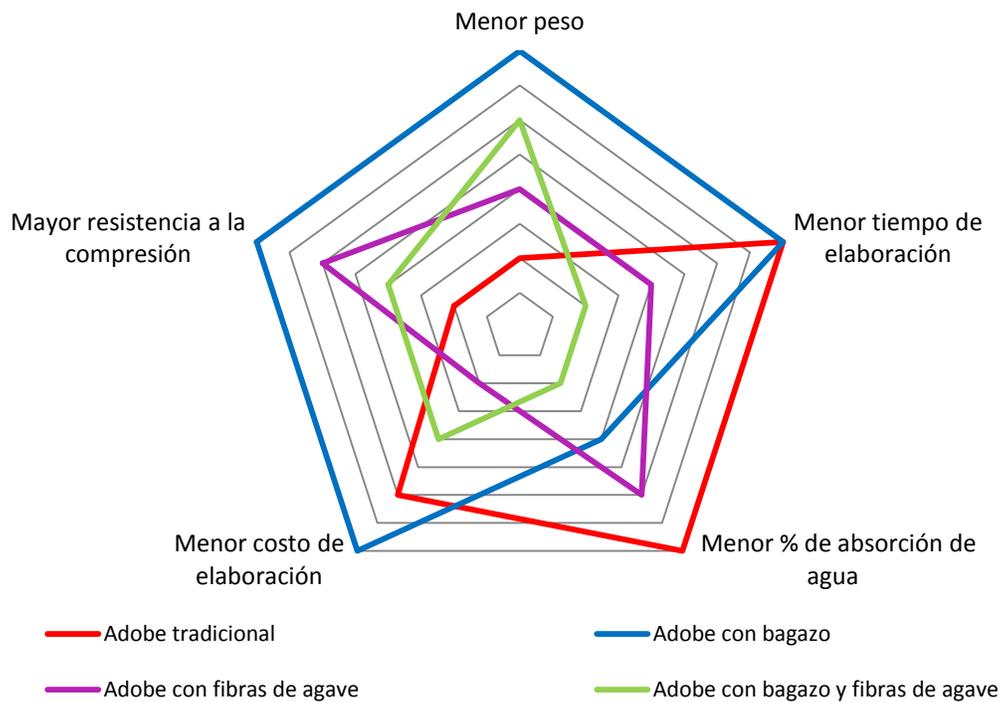
Tabla 9: Cuadro comparativo de propiedades

Muestra	Composición	Resistencia a la compresión (de mayor a menor)	Peso (de menor a mayor)	Absorción (de menor % a mayor)	Costo de elaboración (de menor a mayor)	Tiempo de elaboración (de menor a mayor)
1	Arcilla y zacate Adobe tradicional	4°	4°	1°	2°	1°
2	Arcilla y bagazo	1°	1°	3°	1°	1°
3	Arcilla y fibra de agave	3°	3°	2°	4°	3°
4	Arcilla con bagazo y fibra de agave	2°	2°	4°	3°	4°

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestran los datos anteriores en una gráfica de radar.

Imagen 12. Comparativo de propiedades de las muestras



Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la imagen 12 las líneas de los polígonos que se encuentran más próximas a la parte exterior de la gráfica, indican que el adobe tradicional (línea roja) y el conformado con bagazo (línea azul) presentan las mejores condiciones para su uso en la construcción de viviendas en la comunidad de Santa María la Asunción. En otras palabras, el adobe conformado con bagazo de agave presenta una mayor resistencia a la compresión (capacidad de soportar cargas verticales), sin embargo, con respecto al porcentaje de absorción de agua no presentó el mejor resultado, lo cual indica que a largo plazo el material puede debilitarse. Es importante mencionar que la región de estudio tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (lluvias de verano con

índice P/T entre 43.2 y 55, porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual) por lo que el grado de absorción de este adobe no es significativo.

El adobe tradicional, el cual se ha utilizado en la comunidad desde hace varias décadas para la construcción de viviendas ha sido elaborado con la mezcla de arcilla (barro), zacate silvestre y agua. Una característica de este tipo de adobe es su mínima capacidad de absorción de agua, lo cual indica que el deterioro de muros y su ciclo de vida es mayor. Contrastando el adobe tradicional y el adobe compuesto con bagazo, este último tiene aproximadamente un 35% mayor de resistencia a la compresión que el adobe tradicional de la región de estudio, condición favorable para la construcción. Estos resultados son comparados con el trabajo de Caballero y otros, 2010, donde las pruebas de compresión entre adobe compactado y adobe adicionado con bagazo de agave también presentan un incremento, pero este es del 24%.

En cuestión de costos y tiempos de elaboración, como se menciona en el capítulo 3.1.2, la obtención de fibras de las hojas de agave (ixtle) requiere de un proceso artesanal de rasgado y raspado, por lo que los adobes conformados con este tipo de mixtura son más costosos y requieren más tiempo. Los adobes con fibras de agave, bagazo y mixto presentaron un peso menor que el adobe tradicional, aportándole ligereza al material.

En el caso de la muestra dos y tres los recursos para su elaboración están disponibles en el ambiente de la comunidad por las condiciones geográficas, tanto los suelos arcillosos como el agave *Angustifolia Haw*, especie predominante en la comunidad y empleada para la elaboración de mezcal.

Las ventajas del adobe tradicional versus el adobe conformado con bagazo, es que los recursos para su elaboración se encuentran a la mano del agricultor o maestro mezcalillero.

Por último, en materia ambiental, el hecho de reutilizar un recurso subutilizado como el bagazo, evita acumulaciones y aporta propiedades mecánicas a los adobes para la construcción de viviendas.

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Los resultados obtenidos en esta investigación cumplen los objetivos planteados en la misma, sin embargo, surgen nuevas interrogantes y cuestionamientos para la construcción de adobe con bagazo y/o fibras de agave.

Los adobes analizados en esta investigación cumplen las dimensiones de los bloques elaborados en la comunidad de Santa María La Asunción, los cuales tienen las siguientes medidas: 40 cm de largo por 20 cm de ancho por 14 cm de alto.

La adición de fibra de bagazo de agave *Angustifolia Haw* al adobe, le aporta resistencia a la compresión, es decir, existe un incremento de la resistencia a las cargas verticales para muros del 35% mayor con respecto al adobe tradicional. Con una concentración de bagazo del 18% con respecto al peso del adobe, una longitud de fibra promedio de 50 mm y una orientación aleatoria. El adobe reforzado con bagazo de agave es más ligero que el adobe tradicional, sin embargo, posee un índice de absorción de humedad mayor; condición poco significativa para el clima (semicálido subhúmedo) de la región de estudio.

Se realizaron encuestas con una muestra significativa para la población de Santa María la Asunción, con el fin de estimar los conocimientos acerca de los residuos de agave y el adobe en su cotidianeidad. Los resultados de las encuestas apuntan a que la mayoría de las viviendas están construidas con adobe y block, dos de los materiales más empleados en comunidades rurales, sin embargo, la población cree que el block es más ecológico que el adobe y que el material sea barato es una razón importante para adquirirlo, sin considerar que el adobe en su elaboración impacta menos al ambiente y contribuye a una identidad cultural. Muchos de los encuestados consideran que el adobe es mejor que el block debido a su termicidad y durabilidad, pero los resultados también demuestran que prefieren comprar block en lugar de adobe por su bajo costo aunque casi todos estarían dispuestos a emplear adobe adicionado con bagazo de

agave. Es importante dar a conocer a la población los beneficios del adobe, así como los beneficios al adicionar bagazo de agave al adobe, asimismo resulta muy relevante dar a conocer las desventajas del block, que es más barato pero su fabricación contamina más.

Con los bloques de adobe elaborados con arcilla y bagazo de agave se propuso un prototipo computarizado de vivienda en el sitio señalado dentro de la mezcalera “La perla del Cascomite”, la cual consta de 30.4 metros cuadrados de superficie y biomateriales adicionales como madera y/o palma. Vivienda propuesta para una familia de cuatro integrantes, ecológica y de bajo costo.

El adobe sigue siendo un material con propiedades positivas en aspectos térmicos, acústicos, mecánicos y ambientales, además de promover y conservar una identidad cultural en las comunidades rurales de nuestro país.

RECOMENDACIONES

Evaluar la compresión y flexión de los adobes con composiciones de diversas longitudes de fibra, diferente orientación y proporciones con respecto al peso del adobe.

El bagazo de agave puede servir como material de composta, proveyendo de nutrientes el suelo cultivable.

SUGERENCIAS

Las fibras y el bagazo de agave mezclados con arcilla también pueden emplearse para el repellado de viviendas y/o edificaciones.

Se ha demostrado que las fibras y el bagazo de agave se pueden emplear para la elaboración de papel.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Prieto, Berenice (2012). *Construir con adobe: fundamentos, reparación de daños y diseño contemporáneo*. México: Trillas.
- Aguiluz León, Jesús; Ramírez Rodríguez, Mercedes y Gutiérrez Martínez Ramón (2018). *Vivienda para autoconstrucción, Uso de bloques de tierra comprimida*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Alem, Alfonso (2003). "Pueblos indígenas, la naturaleza y el desarrollo sostenible", en *Futuros. Revista Latinoamericana y Caribeña de Desarrollo Sustentable*, vol. 1, núm. 2, pp.1-13.
- Arendt, Hannah (2009). *La condición humana*. Buenos Aires: Paidós.
- Arriagada, Irma (2005). "Dimensiones de la pobreza desde una perspectiva de género" en *Revista CEPAL*, núm.85, pp.101-113.
- Arroyo Matus, Roberto; Sánchez Tizapa, Sulpicio y Catalán Quiroz, Policarpo (2013). "Caracterización experimental de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe del sur de México", en *Ingeniería*, vol. 17, núm. 3, septiembre-diciembre, 2013, pp. 167-177.
- Alvirde Castañeda, Violeta (2016). *Habitabilidad: Fundamentos sustentables para conjuntos urbanos habitacionales de interés social. Caso de estudio: "Rancho San Dimas"*, San Antonio la Isla. Tesis de *Maestría en Estudios Sustentables Regionales y Metropolitanos*. Toluca: UAEMéx.
- Atlas de Riesgos de Zumpahuacán (2016-2018). Zumpahuacán: Gobierno Municipal.
- Barba Cruz, Dafne (2015). "Diseño sustentable sensorial emocional su aplicación para el aprovechamiento de espacios en la vivienda" en tesis de *Maestría en Diseño*. Facultad de Arquitectura y Diseño: Toluca: UAEMéx.
- Batthyány, Karina (2008). "Pobreza y desigualdades sociales. Una visión desde el género", en *Papeles de la población*, vol.14 no.57 Toluca jul./sep. Pp. s/d.
- Bocco, Gerardo y Pedro Urquijo (2013). "Geografía ambiental: reflexiones teóricas y práctica institucional", *Región y Sociedad*, vol. XXV, núm. 56, abril, pp. 75-101.

- Botero Botero, Luis Fernando (2009). "Responsabilidad social empresarial en el sector de la construcción", en *AD-minister*, núm. 14, enero-junio, 2009, pp. 105-123.
- Caballero, Magdaleno; Silva Santos Luis; Montes Bernabé, José Luis (2010). *Resistencia mecánica del adobe compactado incrementada por bagazo de agave*. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional, memorias del XVI Congreso Internacional Anual de la SOMIM, septiembre 2010, Monterrey, Nuevo León, México.
- Castillo, Francisco; Parra, Daniela y Cesar Soto (2009). Disponible en: <https://es.slideshare.net/franciac/adobe-2784963>, consultado el 22/04/2019
- Cecadesu-Semarnat. (2006). *Estrategia de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en México. Estrategia Nacional 2006-2014*. México: Gobierno de la República Mexicana.
- Cedeño Valdiviezo, Alberto (2010). "Materiales bioclimáticos", en *Revista de Arquitectura*, vol. 12, enero-diciembre, 2010, pp. 100-110.
- Chertorivski Woldenberg, Salomón (2006). "Vivienda en el país, tarea inconclusa" en *La vivienda en México: construyendo análisis y propuestas*. México: Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. Cámara de Diputados / LIX Legislatura.
- Cobrerros, Carlos (2009), "Uso de fibras vegetales procedentes de explotaciones agrícolas en la edificación sostenible", en tesina *Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Colozio, Marilia; Sato, Adriana y Giuseppe, Dedini (2013). "Proposal of a Study on the Insertion of Alternative Techniques and Materials for the Development of Packaging Through Surface Design". *International journal of Science Commerce and Humanities*, vol. 1, núm. 5, pp. 67-76.
- CONABIO (2006). *Mezcales y diversidad*, 2a ed. *Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México. Segunda reimpresión, 2010.

- CONEVAL. (2015, Enero 15). *Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social*. Disponible en: <http://www.coneval.gob.mx/Paginas/principal.aspx>, consultado el 13/02/2017.
- Cordera Campos, Rolando (2015). *Percepciones, pobreza, desigualdad. Encuesta Nacional de Pobreza*. Facultad de Economía. UNAM. México.
- Cumana, Iván; Gutiérrez, Juan Pablo; Miranda Miriam; Masera Omar y Alejandro Tavera (2013). *Estufas eficientes de leña*. México: UNAM-Editorial Terracota.
- De Souza, Rita y Olivia González (2001). *Modelo de desarrollo sustentable en una comunidad rural mexicana*. México: Grupo para promover la educación y el desarrollo sustentable A. C.
- Dieterlen, Paulette (2014): “Justicia distributiva, pobreza y género”, *Revista de Filosofía Open Insight*, vol. V, núm. 8, diciembre, 2014, pp. 39-59.
- Domínguez Vega, Walter (2010). “La Arquitectura de tierra es una herencia humana”, en *Ciencias Holguín*, vol. XVI, núm. 1, enero-marzo, 2010, pp. 1-7.
- Eguiarte, Luis; Souza, Valeria y Silva Montellano (2000). “Evolución de la familia Agavaceae: filogenia, biología reproductiva y genética de poblaciones”. *Bol. Soc. Bot. Mex.* no.66. 131-151 (2000) Sp (En) Reproductive biology, Molecular systematics.
- Estado Actual de la Vivienda en México (2015). Gobierno de la República. Ciudad de México: Biblioteca Mexicana del Conocimiento.
- Gama-Castro, Jorge; Cruz y Cruz, Tamara; Pi-Puig, Teresa; Alcalá-Martínez, René; Cabadas-Báez, Héctor; Jasso-Castañeda, Carolina; Díaz-Ortega, Jaime; Sánchez-Pérez, Serafín; López-Aguilar, Fernando y Rodrigo Vilanova de Allende (2012). “Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica”, en *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol. 64, núm. 2, 2012, pp. 177-188.
- García Medina, Mariana (2018). “Rethinking Mezcal: A New Materialist Approach” *MSc. Development and Rural Innovation*. The Netherlands: Wageningen University.

- Good-Avila, Sara; Souza, Valeria; Gaut Brandon and Luis Eguiarte (2006). Timing and rate of speciation in Agavaceae, *Proceedings of the National Academy of Science* 103(24): 912-924.
- Habtezion, Senay (2013). *Gender and Energy*. New York: United Nations Development Programme.
- Hernández Omaña, Jonathan; De Hoyos Martínez, José de Jesús y Roy Estrada Olivella (2017). “En búsqueda del nuevo paradigma del diseño arquitectónico”, en Laura Gómez, Lilia Romero, Marcos Mejía y Ricardo Victoria (comps.) *Posibles retos del diseño ante grandes cambios*. Toluca: UAEMéx.
- Hernández-Moreno, Silverio; Ocaña-Ponce, Juan Arturo y Marcos Mejía-López (2014). “Application of ISO 15686 to estimate service life of a dome built with adobe technology in the city of Toluca, México”, en *Acta Universitaria*, vol. 24, núm. 6, noviembre-diciembre, 2014, pp. 16-20.
- INEGI (2009), Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.
- INEGI (2015). Encuesta Intercensal. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>, consultado el 16 de febrero de 2018.
- INEGI (2019). Mapa digital. Disponible en: <http://gaia.inegi.org.mx/>, consultado el 16 de junio de 2018.
- Islas, Gustavo (2014). “Las fibras de la Yucca: Una alternativa sostenible para el diseño de packaging en alimentos selectos”, en *Tesis de Maestría en Diseño*, Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Arquitectura y Diseño, México.
- Juan Pérez, José Isabel; Monroy Gaytán, José Francisco; Gutiérrez Cedillo, Gastón; Némiga, Xanat y Miguel Ángel Balderas Plata (2009) “Los sistemas de barrancos mexicanos, un recurso potencial para el turismo alternativo. El caso de los Barrancos del río Calderón, Estado de México”. *El Periplo Sustentable*, núm. 17, pp. 31-54.

- Lárraga Lara, Rigoberto; Aguilar Robledo, Miguel; Reyes Hernández, Humberto y Javier Fortanelli Martínez (2014). "La sostenibilidad de la vivienda tradicional: una revisión del estado de la cuestión en el mundo", *Revista de Arquitectura*, vol. 16, enero-diciembre, 2014, pp. 126-133.
- Leff, Enrique (2004). *Saber Ambiental, sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. México: Siglo XXI- PNUMA.
- Leff, Enrique (Comp.), (1994). *Ciencias sociales y formación ambiental*. Barcelona: Gedisa-UNAM.
- Lett, Lina (2014). "Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular", *Revista Argentina de Microbiología*, vol. 46, núm.1, pp.1-3.
- Ley de Vivienda (2011). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. México: Gobierno de la República.
- Listri, Massimo y Lina Botero (2015). *Casa Mexicana*. Madrid: Konemann.
- López-Torres, Bey; Rendón-Medel, Roberto y Tania Camacho-Villa (2016). "La comercialización de los maíces de especialidad en México: condiciones actuales y perspectivas", *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 15, junio-agosto, 2016, pp. 3075-3088.
- Luque, Diana y Shoko Doode (2007). "Sacralidad, territorialidad y biodiversidad Comcaác (Seri). Los sitios sagrados indígenas como categorías de conservación ambiental", en *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, vol. XXVIII, núm. 12, pp. 157-184.
- Martínez Ulises, Castillo David, Mares Oscar (2011). *Caracterización y selección de sitios para plantaciones de lechuguilla (Agave lechuguilla Torr.)* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales INIFAP, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Noreste Campo Experimental Saltillo Saltillo, Coahuila.
- Mchenry, Paul Graham (2008). *Adobe. Cómo construir fácilmente*: México: Trillas.

- Menchú Tum, Rigoberta (2002). Diversidad natural y diversidad cultural. Disponible en <https://www.alainet.org/es/active/2514>, consultado el 20 de marzo de 2019.
- Montes Vásquez, Rosa Isabel (2014). “Análisis de las condiciones geográficas y de producción del destilado de agave de Zumpahuacán, Estado de México para la obtención de la denominación de origen de mezcal”, en *Tesis de Licenciatura en Relaciones Económicas internacionales*. Tenancingo: UAEMéx-Tenancingo.
- Morales, Roberto; Torres, Rafael; Rengifo, Luis y Carlos Irala (1993). *Manual para la construcción de viviendas de Adobe*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Moreno Peña, José Ricardo (2007). “Análisis del efecto de la actividad de los usuarios en el desempeño térmico de dos casas de interés social en Tecomán, Colima”, en tesis doctoral del *Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura*, Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Aguascalientes-Universidad de Colima-Universidad de Guanajuato-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Morin, Edgar (1989). *El método. El conocimiento del conocimiento*. Tomo III. Madrid: Cátedra.
- Morin, Edgar (2003). *El método. La humanidad de la humanidad*. Tomo V. Madrid: Cátedra.
- MRFCJ. (2013). *Access to Sustainable Energy: The Gender Dimension*. Dublin: MRFCJ.
- Navarro Valverde, Francisco Antonio; Maroto Martos, Juan Carlos y Eugenio Cejudo García (2013). “Casos exitosos en la construcción de sociedades sustentables”, en *Cuadernos geográficos*, núm. 52, 2013, pp. 398-404.
- Núñez González, David (2011). Hombres del cerro y el bajío: Ixtleros candelilleros de Ramos Arizpe, Coahuila, y Mina, Nuevo León, en *tesis de Maestría en Antropología Social*. San Luis Potosí: El Colegio de San Luis.
- Ortega, José (2009). “El patrimonio territorial: El territorio como recurso cultural y económico”. *Revista Digital: Innovación y Experiencias Educativas*. Enero 2009, núm. 14, pp. 33-48.

- Pereira Salazar, Claudio Antonio (2013). "Participación y acción colectiva en los movimientos globales de ecoaldeas y permacultura", en *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 45, núm. 3, 2013, pp. 401-413.
- Pérez, Carlos (2011), "Denominación de Origen: revisión obligada", Logia de los Mezcólatras y miembros de Mezcales Tradicionales de los Pueblos de México. Disponible en: <http://mezcalestradicionales.mx>, consultado el 05/02/2019.
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano Zumpahuacán (2009-2012). Gobierno Municipal.
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Zumpahuacán (2014). Gobierno Municipal.
- Programa Nacional de Vivienda 2014-2018. Diario oficial de la Federación. Disponible: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342865&fecha=30/04/2014, consultado el 9 de enero de 2017.
- Ramírez Pérez, Elizabeth y Edgardo Villegas Sánchez (2017). "Diseño industrial y desarrollo social. Reflexiones", en Laura Gómez, Lilia Romero, Marcos Mejía y Ricardo Victoria (comps.) *Posibles retos del diseño ante grandes cambios*. Toluca: UAEMéx.
- Ramírez Rodríguez, Mercedes; Aguiluz León, Jesús y Ramón Gutiérrez Martínez (2013). "Prototipo de vivienda de adobe con energías renovables: caso de estudio localidad de Raíces, Área Natural Protegida del Parque Nacional del Nevado de Toluca, Estado de México", en *Ciencia Ergo Sum*, vol. 20, núm. 3, pp. 231-237.
- Rodríguez-Díaz, Miguel Ángel; Saroza-Horta, Belkis; Nolasco Ruiz-Sánchez, Pedro; Barroso-Valdés, Ileana Julia; Ariznavarreta-Fernández, Fernando y Felipe González-Coto (2014). "Some recommendations for the construction of walls using adobe bricks", *Revista Dyna*. Junio, 2014, vol. 81, núm. 185, pp. 145-152.
- Roux Gutiérrez, Salvador y Manuel Olivares Santiago (2002). "Utilización de ladrillos de adobe estabilizados con cemento portland al 6% y reforzados con fibra de coco, para muros de carga en Tampico", en *Informes de la Construcción*, marzo-abril 2002, vol. 53, núm. 478, pp. 39-50.

- Rubio González, Ricardo (2015). "Viviendo en las fronteras del modelo: marginalidad, mercado laboral informal y vivienda precaria en Santiago de Chile. El caso del campamento Japón", *Aldea mundo*, vol. 20, núm. 39, enero-junio, pp. 65-79.
- Ruiz Serrano, Andrés; Ruiz Serrano, Emilio y Mauricio Ruiz Serrano (2014). "Líderes verdes. Agentes de cambio sustentable en las organizaciones turísticas", en *El Periplo Sustentable*, núm. 27, Julio-Diciembre 2014, pp. 118-150.
- Secretaría de Economía del Gobierno de la República (2013). Norma: NMX-AA-164-SCF-2013 Edificación sustentable. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO3156.pdf>, Consultado el 21 de junio de 2019.
- SEMARNAT (2018). Ciclo de conferencias SEMARNAT-CMIC "Construyendo la edificación sustentable" tema: oportunidad para la competitividad. Disponible en: https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Conferencias/Edificacion_Sustentable/Modulo_1/01_Martha_Ni%C3%B1o.pdf, consultado el 21 de junio de 2019.
- Steward, Julian (1955). *Theory of Culture Change. The Methodology of multilinear Evolution*. Chicago: University of Illinois Press Urbana.
- Techio, Elza Maria; Pereira Gonçalves, Jardel y Poliana Neres Costa (2016), "Representação social da sustentabilidade na construção civil: a visão de estudantes universitários", *Ambiente & Sociedade*, vol. XIX, núm. 2, abril-junio, 2016, pp. 187-205.
- Tetreault, Darcy (2004). "Una taxonomía de modelos de desarrollo sustentable", en *Espiral*, enero-abril, vol. X, núm. 29, pp.45-77.
- Tomás Carpi, Jose Antonio (2008). "El desarrollo local sostenible en clave estratégica", en CIRIEC-España. *Revista de economía pública, social y cooperativa*, núm, 61, pp.73-101.
- Topelson, Sara (2016). *Estado Actual de la Vivienda en México, datos 2015, retos 2016*. México: Centro de Investigación y Documentación de la Casa A. C.

- Valdés García, David (2016). "Diseño de un prototipo de vivienda bioclimática marginal; caso de estudio San Miguel Hojas Anchas, en el municipio de Zinacantepec", en tesis de *Maestría en Estudios Sustentables Regionales y Metropolitanos*, Facultad de Arquitectura y Diseño. Toluca: UAEMéx.
- Valle Chirinos Araque, Yamaru; Pérez Peralta, Claudia Milena (2016) "La Responsabilidad Social Universitaria: emprendimiento sostenible como impacto de intervención en comunidades vulnerables" *Revista Escuela de Administración de Negocios*, núm. 81, julio-diciembre, 2016, pp. 1-19
- Vargas Castro, Alejandro y Prudencio Mochi Alemán (2007). "Estrategias de desarrollo local en el marco de la globalización: análisis de estudios de caso en México", *Revista del CLAD Reforma y Democracia*, núm. 37, febrero, pp. 1-17.
- Vázquez-García, Luis Miguel y Guadalupe Munguía-Lino (2015). *Fibras vegetales y las artesanías en el Estado de México*. Toluca: UAEMéx.
- Velázquez Rodríguez, María (2015). "Materiales aislantes sostenibles", Trabajo terminal de grado, *Departamento de materiales*. Badajoz: Universidad de Extremadura.
- Vera Saúl y Roberto Miranda (2004). "Comportamiento sísmico de estructuras de mampostería en la república mexicana". *Primera conferencia Internacional de Sismos*, Santiago de Cuba.
- Zendejas Santín, Verónica; Gómez Vera, Laura Teresa y Roy Estrada Olivella (2017). "El diseño del espacio habitable sustentable y su impacto en el mercado de la vivienda en el Estado de México", en Laura Gómez, Lilia Romero, Marcos Mejía y Ricardo Victoria (comps.) *Posibles retos del diseño ante grandes cambios*. Toluca: UAEMéx.

ANEXOS



ANEXO UNO

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS, IMÁGENES, MAPAS Y TABLAS

FOTOGRAFÍAS

Número	Título de la fotografía	Pág.
1	Palma y carrizo para protección	13
2	Materiales naturales para construcción	14
3	Molde para adobes	18
4	<i>Agave Angustifolia Haw</i>	21
5	Tierra con fibras de agave	23
6	Casa en Santa María La Asunción	36
7	El templo principal	37
8 y 9	Casas tradicionales	38
10 y 11	Casas de tipo mixto (adobe y block)	38
12 y 13	Casas de adobe en Santa María La Asunción	39
14 y 15	Vista aérea y lateral de la mezcalera "La Perla del Cascomite"	39
16	Agua en guaje	40
17	Pared de adobe de una vivienda	41
18	Tierra seleccionada en adobera	42
19, 20 y 21	Preparación de la mezcla	43
22	El molde del adobe	44
23	Relleno de molde	44
24	Apisonado de adobe en molde	45
25 y 26	Secado al sol	45
27	Vista lateral de un muro	46
28	Casa en ladera de Santa María	47
29	El revestimiento	48
30	Cultivo de magueyes criollos	50
31	Agave silvestre o criollo	51
32 y 33	Herramental para corte de pencas	52
34 y 35	Corazones de agave y horno	53
36	Horno en funcionamiento	54
37	Piñas o corazones al horno	55
38	Maquinaria para molienda	55
39 y 40	Tambos y otros utensilios	56
41	Bote laminado o fondo	57
42 y 43	Tronco de cascomite hueco	57
44	Cazo de cobre	58
45 y 46	Sublimación del mezcal	58
47	Recolección del destilado	59
48	Las primeras gotas del mezcal	59

49	Graduación alcohólica	60
50	Bagazo de agave desechado	60
51	Envases del mezcal “La Perla del Cascomite”	62
52	Casa de un mezcalillero en Santa María La Asunción	62
53	Vivienda rural en Santa María La Asunción	77
54 y 55	Pencas cortadas y bagazo de agave	85
56 y 57	Largo de penca y cepillos para extraer fibra	85
58	Extracción del Ixtle	86
59	Pesado de fibras	86
60	Bagazo acumulado de una quema	87
61	Adobe tradicional	88
62	Piezas de adobe características de la región de Santa María la Asunción, Zumpahuacán, Estado de México	113
63	Obtención de dimensiones	114
64	Pesaje de bloques	114
65	Cubierta de arena sobre los adobes	115
66 y 67	Vista frontal y lateral de la compresora Fourny QC-150-DR con contador digital en operación	116
68	Piezas de adobe fracturadas debido a la compresión	117
69	Inmersión del adobe	118
70	Obtención del peso saturado	118

Acervo fotográfico: Mauricio Ruiz Serrano.

IMÁGENES

Número	Título de la imagen	Pág
1	Partes del agave	20
2	Proceso de elaboración del adobe	41
3	Etapas en la producción del mezcal	51
4	La publicidad del mezcal “La Perla del Cascomite”	61
5	Comparación entre la economía lineal y la economía circular	72
6	Ruta metodológica	82
7	Vínculo entre los procesos de elaboración del mezcal y el adobe	83
8	Medidas de un molde para adobe	88
9	Diagrama de preguntas, problemáticas y propuestas	89
10	Plano de vivienda	110
11	Vista lateral de vivienda	111
Serie	Imágenes renderizadas por computadora: Distintos ángulos de la vivienda	111-112
12	Comparativo de propiedades de las muestras	120

MAPAS

Número	Título del mapa	Pág.
1	Regiones productoras de mezcales en México	19
2	Ubicación geográfica de Santa María La Asunción en el contexto del municipio de Zumpahuacán, México	25
3	División territorial de Zumpahuacán	26
4	Infraestructura y carreteras en el municipio	28
5	Perfil topográfico del municipio	29
6	Tipos de suelo en el municipio	32
7	Climas de Zumpahuacán	34
8	Vista aérea y mapa de Santa María La Asunción	36

TABLAS

Número	Título de la tabla	Pág.
1	Categorías administrativas del municipio de Zumpahuacán	26
2	Población de Zumpahuacán	27
3	Producción mezcalera de la región	49
4	Requisitos para La Norma NMX-AA-164-SCF-2013	99
5	Dimensiones de la vivienda propuesta	109
6	Dimensiones, volúmenes y peso de las muestras	114
7	Resistencia a compresión de las muestras	116
8	Porcentaje de absorción de las muestras	119
9	Cuadro comparativo de propiedades	119

ANEXO DOS ENCUESTA

Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Arquitectura y Diseño
Maestría en Estudios Sustentables Regionales y Metropolitanos



Este cuestionario es parte de una investigación de maestría en dicha universidad, con el fin de identificar indicadores en la subutilización del bagazo de agave en la construcción con adobe. La información proporcionada será confidencial, únicamente personas autorizadas tendrán derecho a manejarla. Fecha de aplicación: 04/2019.

Edad: _____ Profesión: _____

1.- ¿Sabe qué usos le dan al bagazo de agave después del destilado de mezcal?

a) Ninguno b) abono c) otro _____

2.- ¿Conoce algún proyecto innovador que reuse el bagazo de agave? En caso de responder afirmativamente, méncionelo.

Sí _____ No _____

3.- ¿Cuántos años tiene que se construyó su vivienda?

4.- ¿De qué material es la mayor parte de su vivienda? Puede seleccionar varios.

a) Lámina de cartón b) lámina metálica c) bambú, palma, carrizo d) madera e) adobe f) tabique, ladrillo, block g) piedra, cantera h) cemento o concreto
i) otro _____

5.- Enumere del 1 al 6 las cualidades más importantes para usted en un material de construcción:

___ Barato ___ resistente ___ térmico ___ aislante sonoro ___ ecológico ___ local _____

6.- ¿Cree que el block, cemento o concreto es mejor que el adobe para la construcción de viviendas? ¿Por qué?

Sí _____ No _____

7.- ¿Qué material cree que sea más ecológico en su elaboración?

a) Block gris b) Madera c) Adobe d) Aluminio

8.- ¿Estaría dispuesto a emplear adobe reforzado con fibras de bagazo de agave para su vivienda?

Sí _____ No _____

Gracias por su participación.

ANEXO TRES
CONSTANCIAS DE PONENCIAS EN CONGRESOS INTERNACIONALES

CONGRESO
INTERNACIONAL
DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN



ISSN 2448-6035

MULTIDISCIPLINARIO

UNIVERSIDAD CENTRO DE ESTUDIOS CORTAZAR

OTORGA EL PRESENTE

RECONOCIMIENTO

CLAVE:P-UCEC270

MAURICIO RUIZ SERRANO

A:

Por su destacada participación como asistente y por la presentación de su proyecto en modalidad de PONENCIA titulado "INCORPORACIÓN DE MATERIALES BIOCLIMÁTICOS EN LA VIVIENDA DE ZONAS RURALES Y MARGINALES EN MÉXICO" en Cortazar, Guanajuato, México.



Dr. Florentino Vázquez Puente
DIR. DPTO. DE INVESTIGACIÓN

Mtro. Julio Sias Anaya
SECRETARIO ACADÉMICO

Dr. J. Artemio Pérez Muñoz
RECTOR UCEC

CORTAZAR, GUANAJUATO, 19 y 20 de ABRIL, 2018.

Western Social Science Association



CERTIFICATE OF ATTENDANCE

For

Mauricio Ruiz-Serrano

Universidad Autónoma del Estado de México, México

This certificate verifies that the above-named scholar attended the 60th Annual Conference of the Western Social Science Association in San Antonio, TX, USA, April 4-7, 2018 and presented -in the Panel “Marginalidad y Violencia: Casos y Reflexiones”- the paper entitled

La Bioconstrucción. Alternativa Sustentable en Zonas Rurales y en Extrema Pobreza □

Jesús Ruiz-Flores
Latin American Studies Section Coordinators



Fernando Pedro Viacava-Breiding
Latin American Studies Section Coordinators