

-Artículo por Invitación-

CASA SUSTENTABLE Y TECNOLOGIAS
APROPIADAS ASOCIADAS, PARA
MINIMIZAR LA POBREZA, ELEVAR EL
NIVEL DE VIDA DE LAS COMUNIDADES
INDIGENAS Y CONSERVAR EL MEDIO
AMBIENTE EN MEXICO

Martín D. Mundo Molina¹
ic_ingenieros@yahoo.com.mx

Luis M. Oseguera Solórzano
oseguera.design@gmail.com

¹Universidad Autónoma de Chiapas

Para citar este artículo:

Mundo, M. y Oseguera, L. (2014) Casa sustentable y tecnologías apropiadas asociadas, para minimizar la pobreza, elevar el nivel de vida de las comunidades indígenas y conservar el medio ambiente en México. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo*, 4 (7), 66-98. doi: 10.31644/IMASD.7.2015.a03



RESUMEN

La Tierra está sufriendo actualmente una inestabilidad climática, los datos de anomalías de temperatura y precipitación así lo demuestran. La hipótesis más aceptada por la comunidad científica internacional es que dicha inestabilidad es causada por efectos principalmente antropogénicos. De acuerdo con esta hipótesis la humanidad está emitiendo cada vez más a la atmósfera, desde la Revolución Industrial; gases denominados de invernadero por el consumo de combustibles fósiles principalmente. Estos gases están generando cambios en la temperatura y precipitación promedio de amplias regiones del planeta, que a su vez están provocando alteraciones en el ciclo hidrológico. Bajo esta hipótesis, actualmente se analiza el impacto potencial de estas alteraciones climáticas en el medio ambiente y su relación con el hombre, especialmente en zonas donde los recursos naturales como el agua son escasos. Sin embargo, estos estudios deben también desarrollarse en zonas del mundo en donde además de la amenaza potencial sobre los recursos naturales existe ya la necesidad de suministrar y conservar recursos vitales como el agua y el bosque; este es el caso de miles de comunidades pobres alrededor del mundo, especialmente las indígenas. Se destaca que estas comunidades carecen de casas dignas, pisos firmes, luz, drenaje, servicios médicos, en general medios adecuados para vivir con decoro. En este trabajo se presenta un proyecto denominado “Casa Sustentable” (CS) que intenta dignificar la vida de las comunidades pobres en México, especialmente las indígenas, además de ahorrar energía, evitar la emisión de gases de invernadero a la atmósfera (la CS no usa combustibles fósiles), conservar los recursos naturales como el agua, el suelo, el aire y elevar el nivel de vida de sus habitantes. La CS incorpora casi una decena de “tecnologías apropiadas” (TA) para el uso eficiente del agua y conservación del medio ambiente, fue planeada con base a la experiencia obtenida con el Colector de Agua de Lluvia (CALL) transferido en el año 1999 a la comunidad

indígena de Yalentay en el municipio de Zinacantán en los Altos de Chiapas. La CS puede ser de bahareque, ladrillo, tabicón según el material disponible en la zona. Fue diseñada de forma modular considerando la cosmogonía indígena tzotzil de los Altos de Chiapas. Está compuesta por: dos o tres recámaras (dependiendo del número de integrantes de la familia); sala-comedor; baño ecológico; cocina con estufa ecológica y tanque de agua arremetido (una parte en la cocina y otra parte en el patio); porche de acceso. La superficie de construcción se puede ajustar a 50 m² como mínimo con el fin de cumplir con las Reglas de Operación del Programa Vivienda Rural, para el ejercicio fiscal 2014 de la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU, 2014). Las tecnologías incorporadas a la casa sustentable son: a). Colector de Agua de Lluvia Domiciliario (CALLD) con filtro adosado, b). Baño ecológico (no usa agua), c). Bici-bomba (sistema que usa solo la energía mecánica del pedaleo de una bicicleta para elevar el agua del CALLD al tinaco), d). Fregadero ecológico (limpia las aguas jabonosas y con aceite para su reutilización), e). Estufa ecológica (ahorra leña y evita la contaminación por humo de la vivienda), f). Sistema de riego intermitente (ahorra hasta el 50% del agua en el riego de hortalizas y flores). La CS incluye también: Piso firme anti-bacterial; 3 kits de paneles solares fotovoltaicos para el suministro de energía eléctrica en zonas en donde sea necesario; focos ahorradores, inodoro de bajo consumo en el caso de baños ecológicos húmedos, regadera y grifos con dispositivos ahorradores de agua. Este año se pretende construir la primera casa sustentable funcional en comunidades indígenas de México, que será donada a una familia de 10 personas. Dicha familia fue seleccionada por la propia comunidad según sus criterios y costumbres.

Palabras Claves: Casa sustentable, tecnologías alternativas, agua de lluvia

Miles de comunidades indígenas del mundo viven en condiciones de marginalidad. Durante la reunión de pueblos indígenas y salud realizada en 1993 en Winnipeg Canadá, se reconoció que las comunidades de América siguen viviendo bajo condiciones de precariedad (Torres et al., 2003) y cientos de ellas sin vivienda digna y sin agua potable. En general, en el tema de vivienda, hace 20 años la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) cifró en 27.9 millones el número de viviendas faltantes en América Latina (AL). Adoptando una media de cinco personas por alojamiento, se llega a la conclusión de que 140 millones de latinoamericanos habitaban en alojamientos precarios o que carecían de vivienda. Se estimó un total de 270 millones de latinoamericanos mal alojados o sin alojamiento. Actualmente el problema ha empeorado. El déficit habitacional, cuantitativo y cualitativo, afecta a más de la mitad de los hogares de AL. Para absorberlo sería necesario construir o mejorar 53.6 millones de unidades (Salas, 2002). Así, las condiciones de vida son típicamente peores en las áreas rurales.

Por otro lado el abastecimiento de agua potable a pequeñas comunidades rurales es un problema que los países de AL no han podido solucionar. Según Gelles (2002), Gentes (2002) y Guevara et al., (2002) citados por Peña (2004) afirman que estudios del programa Water Law and Indigenous Rights (WALIR), el derecho al agua vinculado al derecho al territorio es uno de los grandes retos que enfrentan los pueblos indígenas de América, ya que se trata de un tema clave para el manejo de este recurso en el subcontinente. En el caso del Continente Americano en el cual habitan más de 40 millones de indígenas, la mayoría de ellos tienen altos índices de mortalidad debido a causas prevenibles, enfermedades relacionadas con el agua y en general una disminución de la esperanza de vida al nacer. Esto demuestra de algún modo las desigualdades que existen entre la población indígena en este continente en relación con otros grupos sociales (Torres et al., 2003).

México no está alejado de esa realidad. Las comunidades indígenas de México viven en condiciones precarias en materia de educación, vivienda y servicios básicos de salud. Miles de familias viven hacinadas y otras tantas carecen, incluso, hasta de lo más básico por ejemplo: disponer de agua potable para el consumo humano. En 1995 se calculó que de los 803 municipios con más de 70% de población indígena, 44% se debatía en condiciones de vida catalogadas como de alta marginación (INI, 1993, 1999). Con una población ligeramente superior a los diez millones de personas distribuidas por todo el territorio nacional (INEGI, 2000), las comunidades indígenas de México, viven desde hace cientos de años en condiciones insalubres, con falta de infraestructura básica para vivir con dignidad, miles de ellas en pobreza extrema y con problemas de comunicación hacia al exterior, ya que en México se hablan más de 72 lenguas autóctonas distintas al español lo que representa una dificultad, especialmente para los adultos, en cuanto a la comunicación y reivindicación de sus derechos ciudadanos. La población indígena de México se concentra principalmente en las entidades del centro y sur de México. Los estados de la república mexicana con mayor población indígena son Oaxaca, con más de un millón y medio de personas; Chiapas, también con más de un millón y medio de habitantes; Veracruz, Yucatán, Estado de México y Puebla, con alrededor de 900 mil indígenas cada uno. Los estados de Hidalgo, Guerrero, Quintana Roo, San Luis Potosí y Tabasco, también cuentan con una numerosa población indígena. En el Distrito Federal (DF) viven 333 mil indígenas, convirtiendo al DF en la concentración urbana con el mayor número de indígenas en México (Peña, 2005).

Por otro lado, en el norte del país, Sonora por ejemplo, tiene una importante población de Yaquis y Mayos; en Chihuahua viven los Tarahumaras y Coahuila cuenta con un pequeño grupo Kikapú (Peña 2005). El 27% de los 2443 municipios concentran el 40% de indígenas, la inmensa mayoría viviendo en condiciones muy precarias y con insalubridad, entre otras razones y como ya se ha

enunciado por la falta de agua y vivienda digna. El abasto de agua para uso doméstico y consumo humano con calidad (derecho básico de cualquier individuo) es aun una utopía en miles de comunidades rurales del país que además enfrentan grandes carencias. Miles de indígenas viven en la pobreza extrema. En relación con el nivel de pobreza, un estudio realizado en 1994 en cuatro países latinoamericanos (Bolivia, Guatemala, México y Perú) mostró que en México 81% de los indígenas vivía por abajo de la línea de pobreza (ingresos menores a dos dólares al día). Según esta investigación, en los municipios con menos de 10% de indígenas, los pobres representaban 18% de la población; en los que tenían entre 10 y 40%, los pobres aumentaban a 46%, y en los municipios con más del 70%, los pobres eran más del 80% de la población. El grado de educación tenía un contraste semejante: el promedio de años de escolaridad era de siete años en los municipios con 10% de indígenas y disminuía a 3.5 años de escolaridad en los municipios con más de 40% de indígenas (Psacharopoulos et., al 1994).

En México, según estimaciones oficiales, 42% de las viviendas indígenas carecían de agua entubada en el año 2000 y 70% carecía de servicios de saneamiento. Esto explica en parte el resurgimiento de enfermedades como el cólera y la persistencia de la tifoidea en esas regiones (Peña, 2005). México sigue registrando, particularmente en el medio rural, altos índices de enfermedades infecciosas cuya transmisión está asociada a la falta de agua o al consumo de agua contaminada, por ejemplo, en el caso de la diarrea la Secretaría de Salubridad y Asistencia estableció en un informe que esta enfermedad es una de las principales causas de muerte entre los grupos indígenas, con una tasa tres veces superior a la nacional (SSA-INI, 1992). Por otro lado, en el caso de Chiapas hay por lo menos tres municipios con problemas endémicos de tracoma, una enfermedad causada por la bacteria *Chlamydia Trachomatis* que de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud citado por SS (2010) afirma que existen casi siete millones de ciegos en el mundo. El tracoma es endémico en 56 países, no

sólo en África, Oriente Medio y Australia, sino también en partes de Asia, América Latina y pacífico occidental. Cerca de 84 millones de persona tienen tracoma activo, 7.6 millones tienen triquiasis (SS, 2010). En el caso de Chiapas esta enfermedad se propaga por falta de higiene asociada normalmente a usos y costumbres y la carencia de agua. En un reportaje realizado por el periódico la Jornada se afirma que alrededor de 5 mil indígenas tzeltales que habitan comunidades con pobreza extrema en los municipios de Oxchuc, San Juan Cancuc, Tenejapa, Huixtán y Chanal, tienen tracoma (La Jornada, 2012). En otro estudio realizado por Cisneros et., al (2013) en la comunidad tzeltal de Chaonil en el municipio de Oxchuc Chiapas, encontraron que en todos los grupos de edad estudiados tenían una alta prevalencia de Tracoma. Todos ellos son fuentes potenciales de infección. Concluyeron que el contacto “físico y estrecho” es determinante y contundente para adquirir la infección en lugares donde los programas gubernamentales para enfrentar el tracoma son débiles, de corto alcance y mal ejecutados.

PROYECTOS CON TECNOLOGÍAS APROPIADAS
REALIZADOS EN COMUNIDADES INDÍGENAS DE
CHIAPAS POR EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNACH

Según el Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI, 2010) de acuerdo a los registros del último censo de esa década, existían en el país 192,244 localidades de las cuales 3,653 eran urbanas y 188, 591 eran localidades rurales¹, estas últimas con una población aproximada de 26,062076 habitantes (tabla 1).

La población rural del país representaba aproximadamente 23% de la población total (estos datos no han sufrido cambios sustanciales a la fecha).

¹ INEGI considera población rural aquellas menores de 2500 habitantes

Tabla 1. Número de localidades urbanas y rurales en México (INEGI, 2010).

TAMAÑO DE LOCALIDAD	NACIONAL		CHIAPAS	
	Localidades	Población	Localidades	Población
Total	192 244	112 336 538	20 047	4 796 580
De 1 a 499 hab.	182 335	10 622 618	18 160	1 061 545
De 1 a 2,499 hab.	188 591	26 062 076	19 886	2 460 645
De 2,500 a 14,999 hab.	3 076	16 064 124	140	748 266
De 15,000 a 49 999	384	10 559 634	20	594 776

La mayoría de estas comunidades rurales tiene casas sin pisos firmes y problemas de abastecimiento de agua, especialmente aquellas menores de 1000 habitantes, magnificándose la problemática en comunidades cuya población no supera los 500 y son menores de 100. En el caso de Chiapas de acuerdo a datos oficiales de la CONAGUA (2009) se tenía una cobertura total de agua potable del 89.9 % y una cobertura de tratamiento de las aguas residuales de 47.2 %, mientras que otras fuentes indican que 41% de la población carecía de agua entubada y 55.7% carecía de alcantarillado sanitario (es difícil cuantificar con precisión, por esa razón las fuentes consultadas presentan datos distintos, como se podrá comprobar en la tabla 2). Atendiendo a las cifras de la tabla 1 parece ser más coincidente con la realidad las cifras no oficiales, ya que la población rural de Chiapas representa casi el 50% de la población total del estado y la inmensa mayoría de ésta carece de servicios de agua potable. Es evidente que estos índices son consecuencia (entre otras causas) de la gran dispersión de las pequeñas comunidades y de la topografía tan agreste que la mayor parte de la entidad presenta. Así, en Chiapas existen 20, 047 localidades rurales de las cuales 18,160 son menores de 500 habitantes (INEGI, 2010); miles de ellas se concentran en los Altos de Chiapas donde desde hace siglos los derechos colectivos e individuales de estas comunidades le han sido negados.

Los datos básicos de infraestructura pública en Chiapas enunciados con anterioridad, revelan la pobreza y marginación de las pequeñas comunidades rurales. En este marco de referencia en enero de 1994 se suscitó el levantamiento zapatista, cuyas reivindicaciones se centraban en la defensa de los derechos colectivos e individuales de los pueblos indígenas de México y la construcción de un nuevo modelo de nación que incluyera la democracia, la libertad y la justicia para estas comunidades. Para acentuar los datos de precariedad y pobreza de miles de pequeñas comunidades rurales de Chiapas a la mitad de la década de los 90's, en la tabla 2 se muestran las coberturas de diversos servicios públicos.

Tabla 2. Coberturas de servicios públicos básicos, pisos no firmes y hacinamiento en la vivienda

VIVIENDA, 1995	CHIAPAS
Drenaje	42.66%
Agua potable o entubada	42.09%
Energía eléctrica	34.92%
Hacinamiento	74.07%
Piso de tierra	50.9%

Es evidente que los datos de la tabla 2 son engrosados por las condiciones de pobreza de cientos de comunidades de esta entidad. Así, bajo estas circunstancias el movimiento zapatista reivindicó la necesidad de dignificar a las sociedades indígenas a través de los servicios públicos, que todo ciudadano mexicano tiene el derecho de gozar. En este contexto histórico, a través del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y la Food Agricultural Organization (FAO) en 1995 se organizó una comitiva técnica que se desplazó a Chiapas para analizar la problemática de las comunidades indígenas en relación al suministro de agua. La

primera reunión se realizó en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH con un grupo de expertos internacionales, nacionales y regionales quienes analizaron la problemática en relación al tema de agua y las comunidades indígenas. De esta reunión se creó un pequeño grupo investigación que dio origen a una línea de trabajo en el IMTA sobre “Tecnologías Alternativas en Hidráulica” cuyo primer producto fue la edición de un libro denominado “Tecnologías Alternativas en Hidráulica: Guía técnica para la selección” (Mundo et. al, 1997) que dicho instituto publicó y distribuyó a diversas instituciones del país².

Así, motivados por estos trabajos y partiendo de las ideas propuestas en el libro antes enunciado se derivó el primer proyecto de investigación que intentó analizar la posibilidad de *colectar el agua de niebla* para suministrar agua potable a pequeñas comunidades rurales de los Altos de Chiapas, aprovechando los bancos de nubes bajas (niebla) que se producen en aquella región. Se construyeron dos modelos experimentales denominados *colectores de agua de niebla* (CAN), uno de ellos en la comunidad indígena de Chainatic en los Altos de Chiapas (foto 1) y el otro en las mediaciones del aeropuerto Llano San Juan en el municipio de Ocozocautla (foto 2), concluyéndose que por la poca humedad presente en los bancos de niebla en los sitios de estudio (comparada con las nieblas costeras) y por la corta duración de los eventos, no era posible en la práctica, obtener buenos resultados para este fin (Mundo et., al 1998). Así el proyecto se trasladó a una pequeña comunidad de pescadores en Punta Baja, zona costera de Baja California México, en donde los CAN funcionaron cumpliendo con su objetivo. Los volúmenes promedio de colección de agua de niebla en Punta Baja superaron de forma notable los volúmenes colectados en Chiapas.

² Años después impulsado por los trabajos, publicaciones y proyectos realizados por este pequeño grupo de investigación y al interés despertado en el sector, se instituyó en el IMTA la Sub-coordinación de Tecnologías Apropriadas e Industrial.

Foto 1. CAN experimental en Chainatic, Chiapas



Foto 2. CAN experimental en las mediaciones del aeropuerto Llano San Juan, Ocozocuatla, Chiapas



Sin embargo quedaba aún pendiente la búsqueda de alternativas viables y económicas para suministrar agua potable con tecnologías no convencionales a pequeñas comunidades rurales de Chiapas. Por tales razones se continuó con las investigaciones para dotar de agua a estas comunidades a pesar de las condiciones técnicas adversas, entre las más relevantes se pueden enunciar las siguientes: poblados dispersos, ubicados en zonas de difícil acceso por su topografía irregular, comunidades alejada de centros de población importantes sin corrientes de agua superficiales (ríos, arroyos), ni depósitos naturales de agua (lagunas, lagos) y con manantiales escasos con caudales mínimos. Así, en esta búsqueda y basados en el libro publicado en 1997 se diseñó el *Sistema de Colección de Agua de lluvia* (CALL), que bajo un convenio tripartita entre el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, la Agencia Española de Cooperación Internacional (que otorgó los recursos económicos para su construcción) y la Facultad de Ingeniería de la UNACH asesoraron y guiaron la construcción del CALL en Yalentay (foto 3), que en el año 2010 fue galardonado con el Premio Mundial de Ingeniería “Best Practices” otorgado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Gobierno de Emiratos Árabes Unidos en la ciudad de Dubai.



Aspectos básicos de diseño del CALL. Para construir un sistema de colección de agua de lluvia como el aquí descrito es necesario considerar los siguientes estudios: topográficos, mecánica de suelos, hidrológicos, hidráulicos, diseño estructural, aspectos constructivos, aspectos sociales y esquema social para la transferencia del sistema (Mundo et al., 1999). *La topografía* permite disponer de la planimetría del terreno y sus perfiles, con el fin de estimar los cortes y trazar la planta del tanque de almacenamiento en el sitio de construcción, mientras que los estudios de suelos suministra dos datos básicos, primero: la capacidad de resistencia del suelo para diseñar el tipo de zapatas que soportarán las columnas y la estructura del techo colector y segundo: el tipo de suelo y su capacidad de infiltración (en algunos casos se realiza esta prueba con un infiltrómetro de doble anillo); si la tasa de infiltración supera el límite permitido, habrá que recubrir la base del tanque con una geo-membrana de caucho sintético o un polímero termoplástico obtenido por polimerización del etileno. Por su parte los *estudios hidrológicos* son fundamentales para conocer las intensidades de precipitación en la zona y la precipitación promedio anual. Las intensidades de lluvia asociadas a diversos periodos de retorno posibilitarán realizar un buen diseño de las canales del sistema, así como la capacidad y tamaño de los filtros del CALL, por lo que la construcción de las curvas IDT son necesarias. La precipitación promedio anual se utiliza para dimensionar el volumen del tanque de almacenamiento que es una función de la dotación diaria, población y tiempo de almacenamiento estimada con una versión volumétrica de la ecuación de conservación de masa:

$$V=f(v_m \cdot P \cdot ta)$$

Donde:

V = Volumen total de almacenamiento en m³

- vm = Volumen promedio entregado a cada persona cada día (l/hab/d)
 P = Número total de persona a abastecer
 ta = Tiempo que se mantendrá almacenada el agua (d)

Conocido volumen máximo de almacenamiento y con los datos de la precipitación promedio anual (es importante que este valor este normalizado de acuerdo a los criterios que marca la Organización Meteorológica Mundial) se puede estimar la superficie (A) de colección necesaria, tomando en cuenta un coeficiente de seguridad de 20%, por lo tanto:

$$A=f[V/(Px0.80)]$$

Donde:

- A = Superficie del techo colector (m²)
 V = Volumen total de almacenamiento en m³
 P = Número total de persona por abastecer

Por otro lado, una vez obtenido los caudales para diversos periodos de retorno, las ecuaciones de flujo uniforme para canales prismáticos permitirán diseñar las dimensiones de las canaletas. Para el caso aquí descrito se considera canaletas con talud $z=0$ y S menor a 1%. Por lo tanto usándola ecuación de Robert Manning las dimensiones de las canaletas (área hidráulica y perímetro mojado) estarán en función del caudal estimado según las curvas IDT, de la rugosidad del material (n) de dicho canal y la pendiente (S):

$$R_h=[v.n/(S^{1/2})]^{3/2}$$

Donde:

- v = Velocidad promedio del flujo en el canal prismático (ms^{-1})
n = Rugosidad de Manning (adimensional)
Rh = Radio hidráulico (m)
S = Pendiente de la canaleta prismática (adimensional)

Por su parte el *diseño estructural* define las dimensiones y separación de las vigas del techo colector (armadura tipo *fink*), así como el número y dimensiones de las columnas de soporte. Si la zona es sísmica y con altas velocidades de viento es necesario considerar la revisión del diseño por movimientos telúricos y viento. Los aspectos constructivos son importantes porque permite cumplir con los requisitos de diseño, la calidad de los materiales y el respeto a la normatividad correspondiente. Finalmente los *aspectos sociales y esquema de transferencia* deben ser considerados antes de la construcción del CALL y deben ser ejecutados por un equipo de expertos en sociología, comunicación para garantizar la transferencia del sistema y hacer que los usuarios tomen como suyo el proyecto³.

Este proyecto generó múltiples beneficios a aquella comunidad, elevando el nivel de vida de sus habitantes, entre los resultados más relevantes se pueden enunciar: a) La disminución de enfermedades diarreicas, b) La disminución de enfermedades de la piel, c). Los niños consumen agua potable en la escuela que proviene directo del CALL, d). Existe menos ausentismo escolar por la disminución de las enfermedades relacionadas con el agua, e). Las mujeres no tienen que caminar kilómetros de distancia

³ El proyecto de Yalentay se llevó a cabo con una excelente planeación. Se cumplieron todas las especificaciones de diseño y programa de obra, con el apoyo de diversos especialistas incluyendo expertos en estructuras, hidrología, hidráulica, sociología y comunicación. Así se ha logrado que después de más de 10 años el CALL siga funcionando con éxito. Ha resistido dos sismos, el mayor de ellos de 5.5 en la escala de Richter. Pero lo más importante es que continúa siendo útil a una sociedad que por años, por cientos de años habían carecido de agua

sobre una topografía abrupta para conseguir agua, la mayoría de las veces de mala calidad, f). Se fortalecieron las acciones comunitarias al establecer el primer “comité hidráulico indígena” en Chiapas en dicha comunidad (referido a pequeñas comunidades rurales menores de 1000 habitantes), elevando a rango de “responsabilidad jerárquica” por dos años el encargo de distribuir agua a los pobladores a través del CALL (este encargo es equivalente a la responsabilidad de “mayordomía eclesiástica”, cargo que se disputa entre los varones comunitarios por el distingo social que esta responsabilidad representa, g) Generación de confianza entre la comunidad e investigadores, como consecuencia se abrió la posibilidad (antes negada) para continuar ejecutando proyectos en Yalentay. Con esta apertura comunitaria se continuó trabajando en proyectos apropiados para conservar el suelo, el aire, el agua, la atmósfera y el bosque, con la idea de convertirla en una comunidad modelo, entendida ésta como: “...un sitio en donde por su fácil accesibilidad, aceptación de la comunidad para desarrollar proyectos y su cercanía a la ciudad (San Cristóbal de Las Casas), se pueden planear, desarrollar, ejecutar y transferir proyectos de *tecnologías apropiadas para la conservación de los recursos naturales y disminución de la pobreza, dignificando el ser individual y social*, con el fin de que estudiantes, ingenieros, investigadores y tomadores de decisiones del sector público y privado pudiesen ver o desarrollar prácticas específicas con los proyectos, para su promoción o transferencia a otras latitudes”⁴.

Así, después del CALL se diseñó y construyó un colector de agua de lluvia domiciliario (CALLD) económico y resistente con capacidad suficiente para sostener a una familia de hasta 10 personas

⁴ Ligas de internet (SCHRT, 2005a y SCHRT, 2005b) : <https://www.youtube.com/watch?v=zeIT2L0bEqQ>, <http://www.youtube.com/watch?v=POSHGLwNPNo>, <http://www.youtube.com/watch?v=hxs3ledKHgw>, <http://www.youtube.com/watch?v=dNhkPW2nYOU>, en donde podrá ver el uso del CALL en Yalentay y la fiesta religiosa del agua del pueblo zinacanteco. En la siguiente liga se describen, en una entrevista, la casa sustentable que se describe en este documento: <https://www.youtube.com/watch?v=37lj7wURCSg>

durante seis meses (toda la época de estiaje). El CALLD se construyó en la escuela primaria de la comunidad. Posteriormente se construyó un fregadero ecológico (siguiendo el modelo publicado en un manual editado por el IMTA), en la casa de uno de los pobladores de la comunidad. Por otra parte, se diseñó, construyó y validó en campo una bomba de ariete hidráulico. Se diseñó y construyó también una bici-bomba, que permite impulsar el agua utilizando la energía mecánica del pedaleo de una bicicleta fija. Este conjunto de proyectos y otros que se describirán más adelante permitieron planear y diseñar la casa sustentable, que reúne el conjunto de proyectos antes enunciados en una CS expofesa para comunidades indígenas que incorpora no solo su cosmogonía sino también sus costumbres.

LA CASA SUSTENTABLE

Sustentabilidad. Es una definición creada para promover el mantenimiento del equilibrio de las relaciones entre los seres humanos y el medio ambiente. Intenta fomentar el desarrollo económico sin dañar la dinámica del medio ambiente, usando los avances científicos y tecnológicos de la sociedad. La sustentabilidad propone satisfacer las necesidades de la actual generación de seres humanos utilizando los recursos naturales que provee la Tierra sin sacrificar las capacidades futuras de las siguientes generaciones. Es un concepto aun no cumplimentado. Promovido por el Estado mexicano en su acción política, como slogan para su promoción social e intereses particulares o de grupo, pero sin resultados positivos en la práctica. La sociedad que “espera” las acciones sustentables del Estado de forma pasiva e irresponsable no responde, porque en lo individual y como conjunto no es plenamente consciente de la magnitud del problema. Por otro lado está la ciencia y la tecnología que es culpada sobre sus “acciones y consecuencias” sobre el medio

ambiente. No son la ciencia ni la tecnología los culpables, ni la economía, ni la política. No lo son porque ninguno de ellos, desde el punto de vista de la teoría de conocimiento son sujetos sino objetos. El sujeto es activo, el objeto es pasivo. En el devenir social un grupo de hombres (sujetos) desarrollan la ciencia y la tecnología (objetos) y otros los que deciden aplicarla. El hombre (sujeto del “yo”) puede decidir, puede accionar, por lo tanto es el responsable, solo o en pequeños grupos, porque en sus acciones expolia al medio natural sin preservarlo. Es el hombre en sus acciones no éticas, en su afán económico, o de comodidad quien no ha encontrado el equilibrio necesario entre sus afanes y la conservación de la naturaleza que lo rodea y le provee vida: agua, aire, suelo, alimentos, bienes materiales.

Por lo tanto, el concepto de sustentabilidad debe replantearse. No como concepto que solo evoque una multiplicidad de procesos que la componen y que solo quedan en el imaginario social y político. La sustentabilidad debe replantearse como “acción medible”, como una nueva forma de pensar, enraizada desde la niñez en la educación formal y no formal (cívica). Pero principalmente debe replantearse como una nueva forma de actuar, donde las relaciones de sus tres entes principales: ambiente, sociedad y economía, tengan efectos prácticos y medibles. Las malas acciones individuales o grupales públicas o privadas que tengan resultados negativos con el medio natural, rural o urbano, deberán ser restituidas y/o restauradas, por los “actores de dicha acción”. Estas acciones deberán tener consecuencias políticas, económicas o sociales, teniendo como ente velador y dictaminador de los hechos a la sociedad civil, independiente del Estado, constituida a través de comités ciudadanos, apoyados en las leyes para la preservación del entorno natural, donde incluso la falta de promoción de la sustentabilidad por el Estado sea evaluada y juzgada por los comités ciudadanos.

Así, los políticos, científicos, tecnólogos y la sociedad tienen roles que desempeñar con ética y responsabilidad en relación con

el medio ambiente. Es crucial que el Estado no solo incremente el presupuesto en investigación en estos temas sino que promueva la preparación y concientización formal de los ciudadanos desde la niñez. Por su parte las universidades y centros de investigación deben aumentar sus capacidades de investigación y desarrollo tecnológico en tópicos medioambientales para su conservación y restauración. Dentro de la competencia de las Ciencias de la Tierra y los campos tecnológicos asociados a ésta es necesario volver los ojos hacia las comunidades rurales pobres, especialmente las comunidades indígenas del mundo, para abordar y en su caso replantear estos temas: modelación del clima para analizar los impactos en el ciclo hidrológico bajo diversos escenarios de cambio climático; desarrollar técnicas de *downscaling* para modelar el clima a escala regional o local; desarrollar e implementar métodos para dotar de agua potable a comunidades rurales; desarrollar métodos para potabilizar el agua sin el uso de combustibles fósiles; implementar métodos para ahorrar y preservar el recurso hídrico; desarrollar nuevos métodos para sanear el agua residual con el uso de eco-tecnologías; desarrollar métodos y tecnologías para la conservación de bosques, ríos, arroyos, manantiales; implementar métodos para la conservación del suelo y mantener la calidad del aire; implementar métodos económicos para llevar energía eléctrica a comunidades rurales con “tecnologías limpias”; desarrollar nuevos modelos de vivienda sustentable que contemplen además del diseño arquitectónico de acuerdo al clima y entorno local, el uso de espacios, materiales de construcción térmicos, económicos y resistentes dotadas de tecnologías que permitan el mejor uso del agua, aire, suelo y entorno natural.

En este marco y retomando este conjunto de ideas se diseñó una casa sustentable, con la idea de transferirla a la comunidad indígena de Yalentay. Así, el Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la UNACH con el apoyo de un arquitecto egresado de esta casa de estudios integraron la experiencia obtenida en el

CALL asumiendo costumbres, valores y perspectivas cosmogónicas indigenistas para proponer una “CS” asociada a casi una decena de TA basada en cuatro elementos: agua, suelo, fuego y aire⁵. Así, fundamentados en su cosmogonía, uno de los primeros elementos que se tomaron en cuenta en el proyecto de diseño de la CS y las TA que la compone fue el suelo. Por tales razones se adecuó el diseño de la CS y las TA al promedio de espacio (suelo) que una familia indígena, normalmente numerosa dispone para alojar a su familia y por otro se adaptó a sus requerimientos según sus costumbres, por ejemplo, no es de su interés la visión occidental de una casa “grande”, porque el suelo es comunal, pertenece a todos. En su palabras: “...la tierra chiquita es de la comunidad, de los hombres y la más chiquita de los muertos; la tierra grande (la mayoría), es del bosque de donde viene el aire que da vida, la leña que calienta el hogar; esa, la tierra grande, pertenece también al maíz de donde la familia se sustenta”. El suelo les proporciona el sentido de pertenencia: “... es mi tierra, es de todos, es mi patria, de aquí soy, aquí nacieron mis abuelos y mis padres y aquí moriré”. El suelo es fundamental en su visión cosmogónica. En esa pequeña superficie es necesario cobijarlos con dignidad, ayudándolos a mejorar y conservar su salud. En ese mismo “suelo” existe también una relación sanitaria que determina la morbilidad familiar: suelo firme anti-bacterial significa menos vectores biológicos que generan enfermedades que junto con los vectores biológicos de carácter hídrico son los mayores causantes de enfermedades y muertes en estas comunidades.

Por otra parte su relación con el agua es básica no solo para erradicar algunas enfermedades de la pobreza como la dermatitis, la diarrea, el tracoma, o elevar su nivel de vida, sino también por su carácter religioso demostrado en actos sincréticos cada 15 de abril cuando la comunidad entera realiza la fiesta del agua

⁵ La casa sustentable tiene trámite de patente con número de registro MX/a/2014/004491 ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI).

en el CALL y ejecuta la limpieza de los pozos sagrados, actos de origen prehispánico para “vo´”⁶ en honor a Tláloc mezclado con la liturgia en honor a Cristo. Este vínculo con el agua se logra en la CS a través de cuatro TA asociadas, una de ellas es una réplica del CALL pero ahora domiciliario denominado CALLD, que puede almacenar más de 35, 000 litros de agua si así lo requiere el diseño. Las otras tres tecnologías apropiadas son: un tanque con sifón laminado para el riego agrícola, un fregadero ecológico y la bici-bomba. Así, la CS cuenta con un sistema de riego intermitente denominado tanque con sifón laminado para el cultivo de flores y hortalizas que ahorra 50 de cada 100 litros de agua usado. El fregadero ecológico es una estructura compuesta de varios depósitos hechos de ladrillo que limpia el agua jabonosa o con aceites para su re-uso doméstico. Finalmente la bici-bomba es un dispositivo compuesto de una bicicleta fija unida a una bomba horizontal “hechiza” que eleva el agua del colector de agua de lluvia domiciliario hasta el tanque elevado (tinaco).

Por otra parte, en la cosmogonía indígena el fuego (representado por el Sol) es uno de sus dioses más importantes, el que cada mañana atisba sobre las montañas en el alba y luego surge victorioso en su lucha contra la muerte (representada por la oscuridad), surcando el cielo hasta cumplir su ciclo, circular, igual que la cosmogonía indígena. El fuego terrestre “desprendido” del sol, proporciona alimentos calientes, cuece la comida que da vida, representa el “hogar”, en cuyo centro la familia se sustenta. Es fuente de luz y calor, que en zonas altas y montañosas, sirve de resguardo a la familia contra el intenso frío. La estufa ecológica (EE) es la metáfora de este mito. La EE es la fuente de calor en la CS y el medio para la cocción de alimentos. La EE tiene una chimenea para desalojar el humo de la CS y con ello permite disminuir las enfermedades respiratorias de la familia; además la EE contribuye a la conservación del bosque usando de forma

⁵“Agua” en tzotzil zinacanteco.

eficiente la leña. La CS obtuvo en mayo de 2013 el “Global Energy Award 2013”, uno de los premios más prestigiosos en temas de medio ambiente en el mundo, otorgado por la fundación “Energy Globe” radicada en Austria. A continuación se describen de forma breve las tecnologías asociadas a la CS.

Figura 1. Vista de la casa sustentable



Colector de agua de lluvia domiciliario (CALLD). EL CALLD es un tanque de planta circular, fabricado de ladrillo capuchino con refuerzo de malla electro-soldada, repellada en su interior y exterior. Cuenta con un filtro que permite limpiar el agua de impurezas y desde donde se puede clorar si fuese necesario (foto 2). Es económico ya que el costo equivale a 0.10 USD por litro y pueden construirse tanques de más de 35,000 litros. Compite con el costo de compañías que venden tanques de plástico (PVC o polietileno de alta densidad), pero destaca el CALLD por su mayor durabilidad y capacidad de almacenamiento. Las leyes de diseño son las mismas que el CALL (ecuaciones 1 a 3).

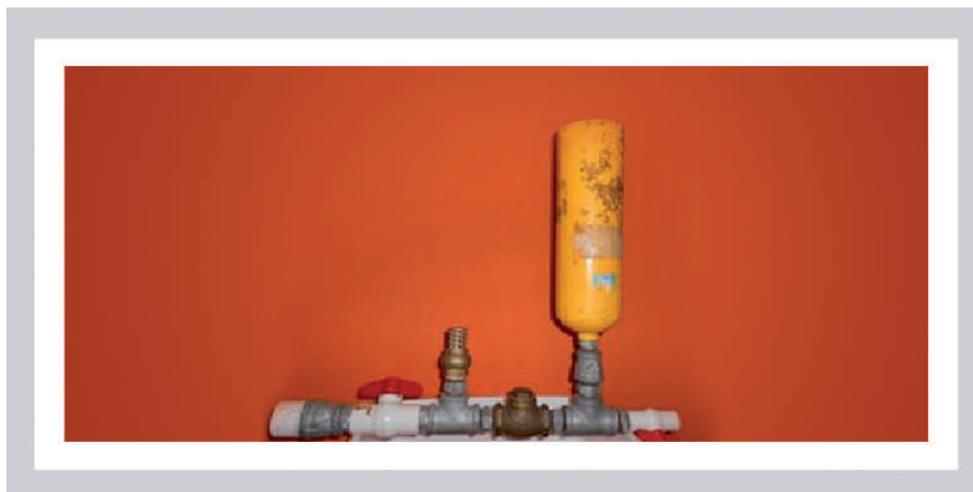
Bomba de ariete hidráulico (BAH). La BAH opera de forma continua las 24 horas utilizando únicamente la energía hidráulica del agua. Funciona con una caída natural o artificial de al menos 1 metro de altura. Debe existir un caudal constante de la fuente de suministro que puede ser un arroyo, río, pequeña represa o

tanque de almacenamiento. El caudal mínimo recomendable de la fuente debe ser de 2 l/s y la carga hidráulica mínima debe ser de 1 m de altura. Si la altura mínima, entre la fuente y la entrada de la BAH es de 1 m, ésta es capaz de impulsar el agua hasta 10 m de altura.

Foto 4. CALLD en Yalentay, Chiapas



Foto 5. Bomba de ariete hidráulico, Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería



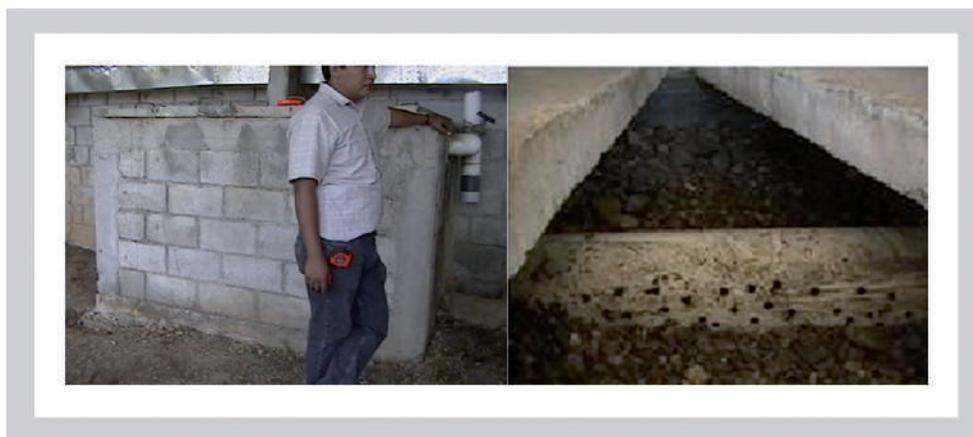
La bici-bomba (BB). La BB funciona con el simple pedaleo de una bicicleta fija que convierte la energía mecánica en energía hidráulica. El rango de operación de la BB (foto 6) es de hasta 8 m de profundidad en la succión y hasta 20 m de altura en la descarga. El caudal de bombeo puede ser desde 0.8 l/s para 1 m de elevación con manguera de 1 pulgada, hasta 0.2 l/s para 20 m de altura.

Foto 6. Bicibomba en Yalentay



Filtros rápidos de gravilla y sílice (FGS). El FGS se utiliza para el tratamiento de las aguas turbias, con sedimentos o con partículas en suspensión, generalmente no poseen coagulación ni sedimentación previa. Se utilizan para limpiar el agua antes de conducirla a un reservorio. Se compone de una capa superior de 40 cm de sílice cribada entre las mallas No 8 y 16, debajo de esta capa se coloca una capa de 40 cm gravilla de $\frac{1}{2}$ " de Θ y finalmente una capa de fondo de 40 cm de grava de $\frac{3}{4}$ " de Θ . En la inter-cara de las capas se coloca una malla de criba menor que el diámetro de las partículas superiores para evitar la heterogeneidad de las capas del filtro.

Foto 7. Filtros de gravilla y sílice en Yalentay



Filtro casero lento (FCL). El FCL está constituido por un recipiente de plástico vertical de 200 litros, con una capa superior de arena de 60 cm de espesor preparada entre las mallas de aberturas entre 0.42 y 1.19 o 1.41 mm, con un tamaño efectivo que varía entre 0.50 y 0.60 mm y un coeficiente de uniformidad inferior a 1.5. Debajo de la capa de arena debe colocarse una capa de 40 cm de antracita, preparada entre las mallas de la serie Tyler de aberturas 0.59 y 1.68 o 2.00 mm, con un tamaño efectivo que varía entre 0.80 y 1.10 mm y un coeficiente de uniformidad inferior a 1.5. Bajo la capa de antracita se coloca el drenaje que sirve como colector del agua filtrada conectada a su vez a un grifo.

Baño ecológico (BE). El BE tiene dos estructuras de tabique reforzado con malla. La primera es un tanque séptico para la sedimentación de los sólidos; la segunda consta de dos cámaras formada por un filtro anaerobio seguido de un filtro de materiales graduados. El filtro anaerobio se rellena de anillos de plástico (PET) que sirve para que el agua se distribuya de manera uniforme y que las bacterias se alimenten de los contaminantes del agua; la segunda cámara está formada por capas de materiales graduados (arena, granzón, gravilla y piedra bola) que se colocan en el orden enunciado (de arriba hacia abajo).

Figura 2. Filtro casero

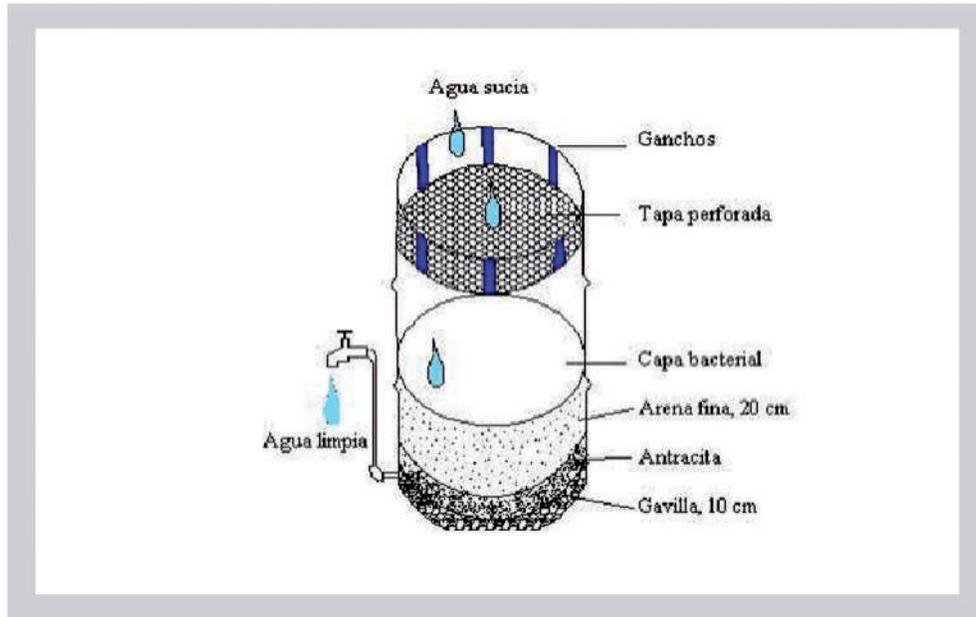


Foto 8. Baño ecológico en Yalenyay, Chiapas



Fregadero ecológico (FE). El FE es una tecnología apropiada que se utiliza para tratar mediante un sistema biológico el agua proveniente del lavado de ropa, trastes y lavado de manos. El FE consiste en una estructura de cinco cámaras de tabique reforzado con malla: 1. Una trampa de grasas con canastilla para atrapar sólidos; 2. Dos cámaras selladas para el tratamiento anaerobio rellenas de anillos de botellas de plástico (PET), para aumentar la superficie disponible para el desarrollo de bacterias y 3. Dos cámaras de filtros de materiales graduados. Al lado de la primera cámara se ubica el lavadero (foto 9).

Foto 9. FE en Yalentay en Chiapas



Tanque con sifón laminado (TSL). El TSL es una estructura hidráulica (tanque) que sirve para suministrar agua de forma intermitente a parcelas agrícolas (hasta de una hectárea), pequeños huertos familiares. Este sistema que cuenta con un tubo de descarga en forma de sifón laminado, puede ahorrar grandes volúmenes de agua (hasta 50 de cada 100 litros usados) comparado

contra el riego continuo por gravedad. La ecuación fundamental que rige su intermitencia para un caudal constante de entrada es:

$$Q_s > Q_e$$

Donde:

Q_s = Caudal de entrada (l/s)

Q_s = Caudal de salida (l/s)

Foto 10. Tanque con sifón laminado



Estufa ecológica (EE). La EE es una pequeña estufa o fogón rural hecho de ladrillo que tiene un “horno” a presión atmosférica cuya fuente de energía es la combustión de la leña en su interior. La superficie superior de la EE está constituida por una placa metálica de acero de calibre 10 (de 40.5 cm de ancho por 61 cm de largo), que se utiliza para la cocción o calentamiento de los alimentos. La EE ahorra mucha leña y evita la contaminación del interior de las viviendas al expulsar el humo a través de una chimenea metálica (foto 11).

Foto 11. Estufa ecológica en Yalentay, Chiapas.



CONCLUSIONES

Miles de comunidades indígenas en América Latina y México viven en la pobreza. Carecen de servicios públicos básicos como agua, drenaje, luz, servicios de salud y casas dignas. En este trabajo se presentó una casa sustentable y una serie de tecnologías apropiadas para comunidades pobres que permiten dignificar su vida y vivir con decoro. Una de estas tecnologías (que fue además el antecedente sólido de futuros desarrollos) es el colector de agua de lluvia construido en la comunidad indígena de Yalentay, en Zinacatán, Chiapas. Construido en 1999 ha producido para aquella comunidad múltiples beneficios a su salud, dignidad y relaciones sociales comunitarias. A partir de allí se ideó constituir a esa población como una comunidad modelo, donde se han desarrollado y en su caso validado casi una decena de tecnologías apropiadas para la dotación de agua potable, elevar el nivel de vida de sus habitantes y conservar el medio natural como el sue-

lo, aire, agua y bosque. A partir de estos proyectos se desarrolló la idea de diseñar y construir una casa sustentable, que ahorrara energía, evitara la emisión de gases de invernadero a la atmósfera y que además conservara los recursos naturales. La casa sustentable fue diseñada incorporando costumbres y elementos de la cosmogonía indígena basada en cuatro elementos: suelo, agua, fuego y aire. La casa sustentable puede ser construida de bahareque, ladrillo, tabicón según el material disponible en la zona. Fue diseñada de forma modular y está compuesta por: Dos o tres recámaras (dependiendo del número de integrantes de la familia); sala-comedor; baño ecológico; cocina con estufa ecológica y tanque de agua arremetido (una parte en la cocina y otra parte en el patio); porche de acceso. La superficie de construcción se puede ajustar a 50 m². Las tecnologías incorporadas a la casa sustentable son: a). Colector de agua de lluvia domiciliario (CALLD) con filtro adosado, b). Baño ecológico (no usa agua), c). Bici-bomba (sistema que usa solo la energía mecánica del pedaleo de una bicicleta para elevar el agua del CALLD al tinaco), d). Fregadero ecológico (limpia las aguas jabonosas y con aceite para su reutilización), e). Estufa ecológica (ahorra leña y evita la contaminación por humo de la vivienda), f). Sistema de riego intermitente (ahorra hasta el 50% del agua en el riego de hortalizas y flores). La CS incluye también: Piso firme anti-bacterial; 3 kits de paneles solares fotovoltaicos para el suministro de energía eléctrica en zonas en donde sea necesario; focos ahorradores, inodoro de bajo consumo en el caso de baños ecológicos húmedos, regadera y grifos con dispositivos ahorradores de agua. La CS obtuvo en mayo de 2013 el “Global Energy Award 2013”, otorgado por la fundación “Energy Globe” radicada en Austria. Este año se pretende construir la primera casa sustentable funcional en comunidades indígenas de México, que será donada a una familia de 10 personas. Dicha familia fue seleccionada por la propia comunidad según sus criterios y costumbres.

BIBLIOGRAFÍA

- Cisneros, S. M., Mejía, R.I., Castellanos, H.E., Olamendi, P. M., García, C.S. (2013).** *Prevalencia y factores de riesgo para la infección ocular por Chlamydia trachomatis*. *Enf. Inf. Microbiol.* 33 (2): 54-60.
- CONAGUA. (2009).** *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento 2009*. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. .Coordinación General de Atención Institucional. Comunicación y Cultura del Agua de la Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
- Gelles, P. (2002).** Andean Culture, Peasant Communities and Indigenous Identity. In *WALIR studies* (Wageningen: Wageningen University/IWE-United Nations/CEPAL) Vol. II.
- Gentes, I. (2002).** Water Law and Indigenous Rights in the Andean Countries: conceptual elements. In *WALIR studies* (Wageningen: Wageningen University/IWE-United Nations/CEPAL) Vol. II.
- Guevara, G.A. (2002).** Water Legislation and Indigenous Water Management in Peru. In *WALIR studies* (Wageningen: Wageningen University/IWE-United Nations/CEPAL) Vol. II.
- INEGI. (2000).** *Censo general de población y vivienda 2000*. Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). <http://inegi.com.mx>.
- (2010). *Perspectivas estadísticas Chiapas*. Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). <http://inegi.com.mx>.
- INI. (1993).** *Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México, 1990*. Subdirección de Investigación, Instituto Nacional Indigenista.
- (1999). *Información básica sobre los pueblos indígenas de México*. Instituto Nacional Indigenista.
- Mundo M.M., Martínez Austria P., Hernández Barrios L., Delgado Bocanegra A. (1997).** *Tecnologías alternativas en Hi-*

dráulica. Guía técnica para la selección. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.

Mundo Molina, M., Martínez, A.P., Figueroa, G. A., Muciño, P.J., Ballinas, A. R. (1998). *Fog collection as a water source for small rural communities in Chiapas, Mexico. First International Conference on Fog & Fog Collection*, 405-408. Vancouver, Canada.

Mundo Molina, M., Ballinas, A.R., Martínez, A.P., Hernández, B.L., Ponce, M.M., Ferrer, P.R. (1998). *Colección de agua de lluvia: una alternativa para la dotación de pequeñas comunidades rurales menores de 500 habitantes. Quinta Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia.* Oaxaca, Oaxaca, México.

Mundo Molina, M., Martínez, A.P. Ballinas, A.R., Rodríguez, L.M. (1999). *La importancia de las ciencias sociales y de comunicación en la transferencia de tecnología, caso de estudio: construcción de un colector de agua de lluvia en la comunidad indígena Tzotzil de Yalentay, Chiapas. Sexta Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia.* Jalapa, Veracruz, México.

Peña, F. (2004). Pueblos indígenas y recursos hídricos de México. *Revista Mad. No.11.* Departamento de Antropología. Universidad de Chile.

—(2005). La lucha por el agua. Reflexiones para México y América Latina. En P. Dávalos (Comp.), *Pueblos indígenas, estado y democracia* (pp. 217-238). Buenos Aires: CLACSO.

Psacharopoulos, G., Patrinos, H. (1994). *Indigenous people and poverty in Latin America: an empirical analysis.* Washington, D. C., The World Bank.

SS. (2010). *Guía práctica clínica diagnóstico y tratamiento de tracoma.* Secretaría de Salud (SS), México.

SSA-INI. (1992). *La salud de los pueblos indígenas en México. Secretaría de Salubridad y Asistencia.* Instituto Nacional Indigenista. México.

- Salas, S.J.** (2002). Latinoamérica: hambre de vivienda. *Revista INVI*, vol. 17, núm. 45, pp. 58-69, Universidad de Chile, Chile.
- SEDATU.** (2014). Reglas de Operación del Programa Vivienda Rural, para el ejercicio fiscal 2014 de la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano. Acuerdo por el que se emiten las Reglas de Operación del Programa Vivienda Rural, para el ejercicio fiscal 2014. *Diario Oficial de la Federación*. Novena sección del 30 de diciembre de 2014.
- Torres, J.L., Villoro, R., Ramírez, T., Zurita, B., Hernández, P., Lozano, R., Franco, F.** (2003). La salud de la población indígena en México. *Revista Caleidoscopio de la salud*. FUNSALUD; 41.54.

Fuentes consultadas en internet:

- La Jornada.** (2012). Sufren tracoma 5 mil indígenas que habitan comunidades de Chiapas en pobreza extrema, 30 de septiembre de 2012, de <http://www.jornada.unam.mx/2012/09/09/estados/027n2est>.
- Canal 10 de Chiapas.** (2005). Colección de agua de lluvia en Zinacantán, Chiapas. Programa Biosfera 10. Gobierno del Estado. Sistema Chiapaneco de Radio y Televisión. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
<http://www.youtube.com/watch?v=POSHGLwNPN0>,
<http://www.youtube.com/watch?v=hxs3ledKHgw>
- (2005). La fiesta del agua en Yalentay, Zinacantán, Chiapas. Programa Niluyarilu. Gobierno del Estado. Sistema Chiapaneco de Radio y Televisión. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
<http://www.youtube.com/watch?v=dNhkPW2nYOU>
- Jaguar71217.** (2011). Premio mundial de ingeniería ONU 2010.
<https://www.youtube.com/watch?v=zeIT2LobEqQ>
- (2013). Energy Globe Award 2013.
<https://www.youtube.com/watch?v=37Ij7wURCSg>