

# VINCULACIÓN DEL ESTUDIANTE DE INGENIERÍA CON LA PRÁCTICA MEDIANTE LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS SOCIALES

G. Cardoso Landa<sup>1</sup>  
M. L. I. Ortigón Alvar<sup>2</sup>

## RESUMEN

El estado de Guerrero es uno de los estados con más recursos hídricos y de manera contradictoria es el estado con menor porcentaje de cobertura de agua potable de nuestro país. Cabe mencionar que la mayor cantidad de las localidades son abastecidas a través de fuentes superficiales (ríos, lagos, lagunas, arroyos, embalses) y fuentes subterráneas (manantiales y acuíferos). Por otro lado, Guerrero es uno de los estados con mayor índice de pobreza en el país y posee un relieve muy accidentado, lo que hace aún más difícil dotar de agua potable a las poblaciones. Por lo tanto, en este trabajo se propone implementar una nueva tecnología para satisfacer la dotación necesaria al abastecer de agua potable a sus localidades rurales, mediante el uso de dispositivos llamados captanieblas, los cuales tienen el propósito de atrapar las gotas de agua microscópicas contenidas en la niebla, con lo cual se logrará abatir el rezago del porcentaje de cobertura de sistemas de abastecimiento de agua potable de las comunidades rurales del Estado de Guerrero. Durante el desarrollo de este proyecto, ha sido fundamental la participación de 4 estudiantes de la licenciatura de Ingeniería Civil y de 2 estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico de Chilpancingo en la solución de este problema social del Estado de Guerrero, a través de su vinculación con las localidades rurales para proporcionarles agua mediante captanieblas.

## ANTECEDENTES

El Estado de Guerrero es uno de los estados con más recursos hídricos y a su vez con una gran cantidad de precipitación, la cual fue de 1196 mm durante el período de 1971 al año 2000; es un Estado con baja cobertura de agua potable, es decir, el problema no está en la falta del recurso sino en la planificación, pues a pesar de la diversidad de opciones para la dotación de los sistemas de abastecimiento de agua potable, el localizar y seleccionar de manera errónea alguna de ellas, no considerando las características propias de la localidad en estudio, puede resultar inapropiado y costoso.

Cabe mencionar que la mayor cantidad de los mismos son abastecidos a través de fuentes superficiales (ríos, lagos, lagunas, arroyos, embalses) y fuentes subterráneas (manantiales y acuíferos). En contraste, Guerrero es uno de los estados con mayor índice de pobreza en el país y posee un relieve muy accidentado, lo que hace aún más difícil dotar de agua potable a las poblaciones.

Por lo cual, surge la necesidad de encontrar métodos alternativos para poder abastecer a las poblaciones marginadas y de difícil acceso, de ahí que se propone implementar una nueva tecnología para satisfacer la dotación necesaria al sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad que se trate, mediante el uso de dispositivos llamados captanieblas, los cuales tienen el propósito de atrapar las gotas de agua microscópicas contenidas en la niebla, con lo cual se logrará abatir el rezago del porcentaje de cobertura de sistemas de abastecimiento de agua potable de las comunidades rurales del Estado de Guerrero.

<sup>1</sup>Profesor de Tiempo Completo. Instituto Tecnológico de Chilpancingo. [gclanda@prodigy.net.mx](mailto:gclanda@prodigy.net.mx).

<sup>2</sup>Profesora de Tiempo Completo. Instituto Tecnológico de Chilpancingo. [luluortegon@hotmail.com](mailto:luluortegon@hotmail.com).

## METODOLOGÍA

### **Selección de las localidades rurales del Estado de Guerrero en donde se implementará el método propuesto**

Se seleccionaron las cinco localidades de mayor presencia de niebla en el Estado de Guerrero, se observa que son localidades rurales ubicadas en la Región Montaña y Región Norte del Estado de Guerrero, y son las siguientes: Alcozauca, Atlamajalcingo del Monte, San Juan Tetelcingo, Atenango del Río y Cacalotenango. Asimismo, para que el proyecto sea viable, además de la presencia de niebla, fue necesario conocer el porcentaje de cobertura de agua potable perteneciente a cada una de las localidades con el propósito de identificar las más aptas para la ejecución del proyecto.

Después de un análisis de la población total y el porcentaje de cobertura de agua potable de cada una de las localidades seleccionadas, se proponen sólo dos de ellas: Zoquiapa y Amojileca, debido a la gran incidencia de neblina y a su poca cobertura de agua potable respecto a las demás. En los registros por día se observó que los meses con más presencia de neblina se dan entre los meses de Junio y Noviembre en ambas localidades. Cabe mencionar que las localidades propuestas están ubicadas dentro de la Región Norte del estado de Guerrero.

### **Investigación de los tipos de captanieblas existentes en la actualidad**

Actualmente se tienen a nivel mundial los tipos de capta nieblas presentados a continuación:

- a. Captanieblas Macrodiamante. Cereceda, Schemenauer y Suit (1992) sostuvieron que "el captanieblas macrodiamante fue el primer artefacto desarrollado para la captación de agua de niebla en Chile y el mundo. Este acontecimiento tuvo lugar el año 1958, bajo la mano del "Padre de los captanieblas", Carlos Espinosa y otros investigadores, los cuales desarrollaron un artefacto tridimensional capaz de capturar el agua de la niebla costera".
- b. Captanieblas Cilíndrico. Cereceda et al., (1992) sostuvieron que "*este fue un aparato sucesor al tipo Macrodiamante y se desarrolló el primero de mayo de 1980*". Pilar Cereceda y otros investigadores, junto a un grupo de alumnos de Geografía de la Universidad Católica de Chile acampan en Playa Temblador, a 90 kilómetros al Norte de La Serena para desarrollar este tipo de captanieblas.
- c. Captanieblas Bidimensional. El captanieblas Bidimensional es una estructura que se compone principalmente de un par de pilares distanciados entre sí, entre los cuales va dispuesta una malla captadora y unos tensores de sustentación. Este elemento captador artificial, es ubicado en forma perpendicular a la dirección del viento predominante, aumentando de esta manera la eficiencia en la obtención de agua.
- d. Sistemas innovadores para la captación de agua de niebla. En años recientes se han desarrollado en varios países del mundo algunos dispositivos para captación de agua de niebla con características innovadoras y de alta tecnología, tales como los siguientes: captanieblas con forma de tienda de campaña, captanieblas con forma de cometa,

captanieblas con forma de escarabajo, captadores de niebla Urbanarbolismo (sencillo, base, duplo y abeto) y los captadores de niebla NRP 3.0.

### **Diseño del captanieblas para ser instalado en las localidades seleccionadas**

Como bien se sabe no existe un diseño único de captanieblas, lo mejor que se puede hacer es crear un diseño de acuerdo a las condiciones ambientales y topográficas del lugar donde se desee instalar, teniendo en cuenta que lo que se quiere es condensar agua, para luego recolectarla y usarla. Para la selección y diseño del captanieblas se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: alta productividad, alta eficiencia, durabilidad, no contaminante, resistencia al viento, área de impacto, ligereza, armado y desarmado fácil, adaptabilidad y bajo costo.

López, Cantos y Meneses, (1989) sostuvieron que *"de los modelos de captanieblas mencionados anteriormente y en base a los aspectos para el diseño y selección de los mismos, se optó por seleccionar el modelo bidimensional ya que éste consta de una geometría simple capaz de adecuarse a las diferentes formas que se presenten en la superficie del terreno pudiéndose colocar de manera modular, bimodular, trimodular, etc. Además de su fácil instalación, es el que ha dado mejores resultados en diferentes partes del mundo"*.

### **Plan de Negocios de los capta nieblas**

Se desarrolló el Plan de Negocios, tanto de un captanieblas municipal como de otro captanieblas domiciliario, obteniéndose la misión, la visión, los aspectos del producto y servicio, los canales de distribución, se definieron los principales clientes y se llevó a cabo el pronóstico de ventas esperado desde el año presente hasta el año 2018.

Se desarrolló el planteamiento de la implementación de la empresa Nimbo Capta nieblas de México, S. A. de C. V., su organigrama, la información financiera de inversión, utilidad neta, punto de equilibrio, políticas financieras, valor presente neto y tasa interna de retorno, a partir de cuyos resultados se puede establecer la factibilidad del producto y de la empresa.

### **Participación de estudiantes**

En el desarrollo del proyecto de investigación registrado y aprobado por la Dirección de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST), dependiente de la Secretaria de Educación Pública, titulado *"Aplicación de captanieblas para obtención de la dotación de agua en localidades rurales del Estado de Guerrero"*, con clave de registro CHP-IC-2012-101, desarrollado de octubre de 2012 a octubre de 2013, ha sido fundamental la participación de 4 estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil y 2 estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial del Instituto Tecnológico de Chilpancingo, para lograr los objetivos propuestos en los tiempos indicados en los protocolos de investigación presentados y aprobados.

La participación de dichos alumnos ha sido desarrollando su Residencia Profesional y en todos los casos obteniendo su título y cédula profesional, mediante la presentación del examen de titulación con los resultados de la participación en este proyecto de investigación. En la Tabla 1 se presenta el nombre de los alumnos participantes en cada proyecto de investigación comentado.

**Tabla 1 Participación de estudiantes en el proyecto de investigación**

<i>Nombre del Proyecto de Investigación</i>	<i>Nombre del alumno</i>	<i>Carrera</i>	<i>Residencia Profesional</i>	<i>Titulación</i>
Aplicación de captanieblas para obtención de la dotación de agua en localidades rurales del Estado de Guerrero	1 Omar Barrios Vázquez	Ingeniería Civil	SI	SI
	2 Zaudith Isaac Urbano	Ingeniería Civil	SI	SI
	3 Paloma Rafaela Armenta Salinas	Ingeniería en Gestión Empresarial	SI	SI
	4 Carolina Bello Solís	Ingeniería en Gestión Empresarial	SI	SI
	5 Cynthia Martínez García	Ingeniería Civil	SI	SI
	6 Isidro Arturo Añorve Herrera	Ingeniería Civil	SI	SI

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

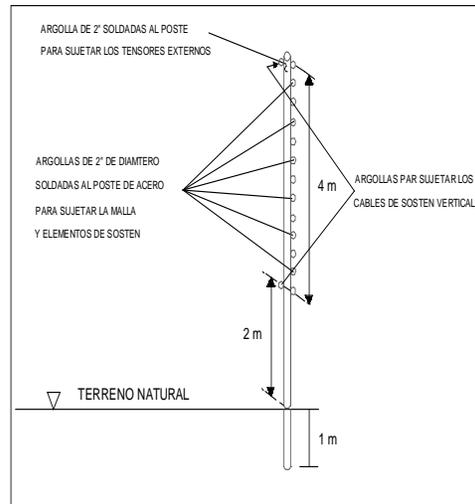
Una vez seleccionado el captanieblas bidimensional como el más adecuado a implementar en las localidades rurales ya seleccionadas, se procede a definir las características del modelo. En base a experiencias de proyectos de captanieblas en otros países donde se ha utilizado el captanieblas bidimensional, se sabe que entre más grande sea el área de impacto con la niebla, aumenta la cantidad de agua obtenida. Pero no se pueden utilizar grandes áreas ya que, por efectos del viento en la parte media de la malla, se forma una especie de curva y la malla tiende a romperse.

### Soportes estructurales

Los tubos que servirán de soportes del sistema como se mencionó antes pueden ser de muy diversos materiales, siempre y cuando estos proporcionen las necesidades estructurales adecuadas. La estructura del captanieblas propuesto estará formada por soportes de acero industrial, debido a que son muy económicos y resistentes comparados con los otros materiales y destacando que se debe de resistir el empuje de vientos de altas velocidades. Los tubos que funcionarán de soporte en el sistema para sujetar la malla captadora serán de 7.0 metros de altura y 6.0 pulgadas de diámetro, al momento de ser enterrados (1.0 m de profundidad) la altura a partir del suelo de los postes será de 6.0 metros.

Los postes de soporte llevarán soldadas argollas de 2.0 pulgadas de diámetro en la parte donde se colocará la malla, las argollas servirán para sujetar la malla al poste, se colocarán 13 argollas mismas que tendrán una separación de 0.33 metros. Las argollas empezarán a soldarse a una altura de 2 m. También se colocarán 2 argollas en la parte frontal del poste (una en cada cara) donde se sujetarán los tensores externos a 6 metros de altura, así como 2

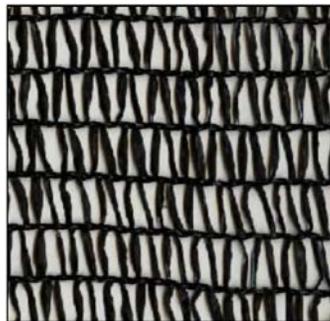
argollas a la altura 2.0 y 6.0 metros en la parte lateral para sujetar los cables de sostén vertical superior e inferior, como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1. Poste de acero industrial de 7 m**

### Elementos de captación

La malla captadora se sujetará en los postes a partir de una altura de 2 m. La superficie captadora estará compuesta por una doble malla tejida con cintas laterales modificadas, mejor conocida como malla tipo Raschel, la cual irá cosida a un grupo de cables de sostén y sujeta a los postes por el conjunto de argollas. La malla que se utilizará será de 35% de sombra, que es la de menor densidad que existe en el mercado. Esta malla es la de mayor eficiencia ya que complementa un mayor traspaso del viento con una buena captación de agua. El área de impacto de la malla colectora que se propone, para el captanieblas bidimensional a implementar es de  $48 \text{ m}^2$ . Proponiendo que sus lados sean de 12 m de largo por 4 m de ancho, como se puede apreciar en la Figura 2.

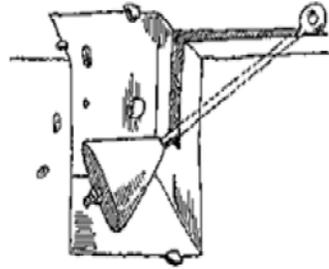


**Figura 2. Malla Raschel de 35 % de sombra**

### Tensores externos

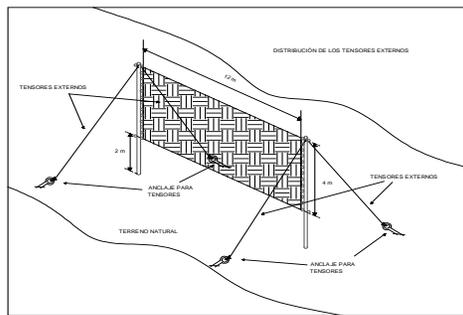
En la Figura 3 se muestran los tensores que corresponden a los cables que sujetan los postes al suelo, de tal manera que la mayor resistencia al viento sea absorbida por ellos y no por los postes de acero. En el punto inferior del cable se colocaran anclajes prefabricados que

serán enterrados en el suelo. Las dimensiones de los anclajes dependerán de las tensiones que tengan que soportar, calculadas en el análisis de estabilidad.



**Figura 3. Anclaje para tensores**

Los tensores se colocarán en forma perpendicular a la malla, dos en cada poste y serán de cables de acero, el diámetro de cable así como su ángulo de inclinación respecto al terreno dependerá de la revisión de estabilidad de la estructura como se puede observar en la Figura 4.

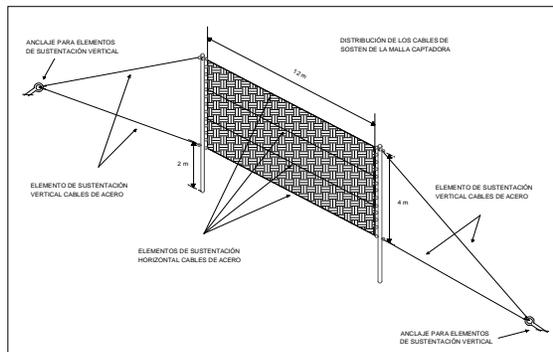


**Figura 4. Tensores externos**

### Cables de sostén

Existen dos grupos de cables que cumplen distintas funciones:

- Elemento de sustentación vertical: Estará compuesto por dos cables de acero (superior e inferior) cuyo rol será soportar verticalmente la malla, el diámetro de los cables y el ángulo de inclinación respecto al terreno dependerá de la revisión de estabilidad de la estructura.
- Elemento de sustentación horizontal: Dado que la fuerza del viento produce una curva en la malla, lo que ocasiona una pérdida significativa del agua captada, se optó por subdividir la malla en tres paños discretos de las mismas dimensiones. Para ello se colocaran 4 líneas de alambres galvanizados y plastificados para evitar el contacto de la malla con los cables acero, al igual que los cables de sustentación vertical el diámetro de los cables de sostén horizontal dependerá de la revisión de estabilidad de la estructura, véase Figura 5.



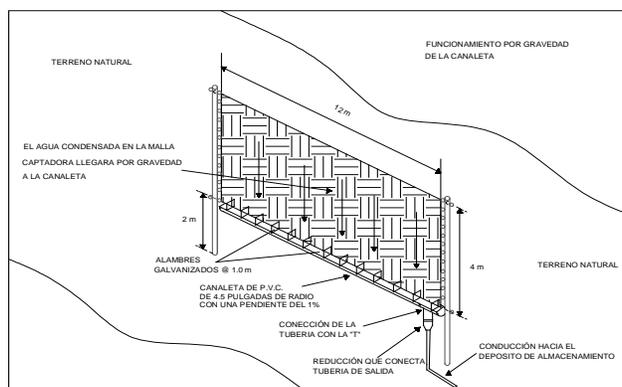
**Figura 5. Cables de sostén de la malla captadora**

### Sistema de recolección

Canaleta colectora y conducciones. Una vez analizados los materiales y con base a la experiencia en otros países se utilizará como canaleta, una tubería de P.V.C. de 4.5 pulgadas de diámetro exterior cortada longitudinalmente en parte de su sección. La forma en que funcionará esta canaleta es sujetándola en el cable de sostén horizontal inferior de la malla colectora por medio de alambres galvanizados con una separación de 1.0 m, ésta recibirá las aguas que escurrirán por gravedad de la malla captadora.

La canaleta se colocará con una pendiente del 1% para que el agua pueda por gravedad ser conducida a uno de los extremos de la canaleta en donde se hará una conexión con una pieza especial de P.V.C. llamada “tee” la cual será del mismo diámetro de la tubería y también será cortada longitudinalmente, en la parte inferior de la “tee” se colocará una reducción que se conectará a una tubería de menor diámetro la cual conducirá el agua hasta un estanque de almacenamiento.

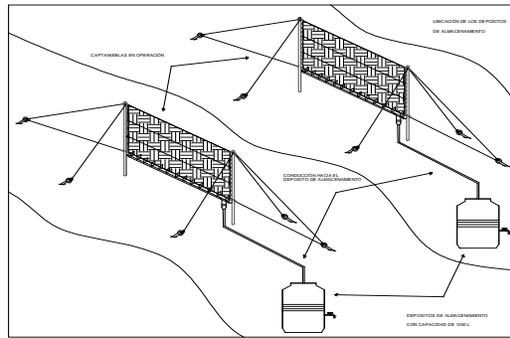
Un ejemplo de lo anterior se puede ver en la Figura 6.



**Figura 6. Funcionamiento de la canaleta**

### Tanque de almacenamiento

Los depósitos de almacenamiento pueden ser de diferentes tipos. En general, los más prácticos son los de plástico. Para el proyecto se propone que los tanques de almacenamiento sean depósitos de plástico de 1000 litros. Los depósitos de almacenamiento se deben instalar en una cota menor a la cota donde se hayan instalado los captanietas y así el agua pueda conducirse por gravedad desde la canaleta colectora y conexiones hasta el depósito como se muestra en la siguiente Figura 7.

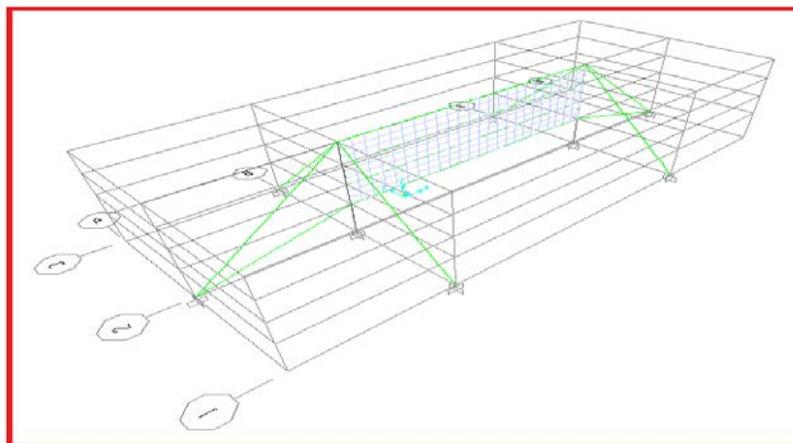


**Figura 7. Ubicación de los depósitos de almacenamiento**

### Revisión de la estabilidad de la estructura

Se analizaron cables de acero de diferentes diámetros comerciales para saber cuáles tienen la resistencia a la ruptura suficiente para soportar las tensiones provocadas en los cables debido al peso propio de la estructura y al efecto del viento, así mismo se analizaron a distintas posiciones, de esta manera se identificó cuál es la posición que provoca tensiones de menor magnitud. Las cargas que se consideraron para este análisis fueron las siguientes: peso de la malla húmeda (se considerara húmeda debido a las condiciones de recolección), peso de la canaleta, peso de los cables de sostén vertical y horizontal y fuerza del viento.

Se realizó el análisis para cables de acero de diferentes diámetros comerciales utilizando el software “*Computers and Structures, SAP 2000 V14*”, según se aprecia en la Figura 8.



**Figura 8. Vista de la estructura en 3D (SAP 2000 V14)**

### Construcción de capta nieblas

Se desarrollaron prototipos de los captanieblas diseñados para instalarlos en las localidades seleccionadas, como el que se presenta en la siguiente fotografía.



**Figura 9. Prototipo de captanieblas propuesto para las localidades rurales del estado de Guerrero**

En la etapa final del proyecto se construyeron e instalaron los captanieblas diseñados y se efectuaron mediciones de los volúmenes de agua captados en la localidad de Zoquiapa, Gro., desde el mes de septiembre de 2013 hasta marzo de 2014, con la participación destacada de los estudiantes de Ingeniería Civil (Véase Figura 10), Omar Barrios Vázquez y Zaudith Isaac Urbano Moctezuma, así como de Paloma Rafaela Armenta Salinas y Carolina Bello Solís, estudiantes de Ingeniería en Gestión Empresarial, obteniéndose un promedio de  $2.5 \text{ l/m}^2/\text{día}$  de agua de niebla.



**Figura 10. Captanieblas de prueba instalado en la localidad rural de Zoquiapa, Guerrero y vinculación de los estudiantes en la solución de problemas sociales**

De manera similar se construyeron e instalaron captanieblas en la localidad de Amojileca, Gro., con la participación activa de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil (Véase Figura 11) Cynthia Martínez García e Isidro Arturo Añorve Herrera, obteniéndose 150 ml/m<sup>2</sup>/día de agua de niebla, con mediciones realizadas de febrero de 2014 hasta noviembre de 2014.



**Figura 11. Construcción del captanieblas para la localidad de Amojileca, Gro y vinculación de los estudiantes en la solución de problemas sociales.**

## CONCLUSIONES

La participación de los estudiantes de la licenciatura de Ingeniería Civil (Omar Barrios Vázquez, Zaudith Omar Urbano Moctezuma, Cynthia Martínez García e Isidro Arturo Añorve Herrera) y de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial (Paloma Rafaela Armenta Salinas y Carolina Bello Solís) del Instituto Tecnológico de Chilpancingo ha sido fundamental para el desarrollo y conclusión del presente proyecto en todas sus etapas. Cabe mencionar que el contacto de los estudiantes con las comunidades rurales permitió la instalación de los captanieblas y la medición de los volúmenes de agua recolectados. También es conveniente citar que los 6 estudiantes acreditaron su residencia profesional con el desarrollo del presente proyecto, se han titulado los 4 estudiantes de Ingeniería Civil y las 2 estudiantes de Ingeniería en Gestión Empresarial.

Es importante destacar que el prototipo de captanieblas desarrollado participó en el Evento Nacional de Innovación 2013, en su fase local, obteniendo el Primer Lugar entre los proyectos presentados, ganándose el derecho de asistir a la Fase Regional de dicho Evento Nacional de Innovación 2013, representando al Instituto Tecnológico de Chilpancingo en el Instituto Tecnológico de Tláhuac.

Asimismo, los dos captanieblas descritos se han donado a las localidades beneficiadas, por lo que el agua captada de la neblina diariamente es utilizada por los habitantes de estas localidades rurales, sirviendo el primero para satisfacer las necesidades de agua en el Alberque Tutelar para Indígenas de Zoquiapa (lugar de instalación del primer captanieblas).

Por otro lado, el captanieblas instalado en la localidad de Amojileca también se donó a las familias del restaurante campestre "Arboledas", en donde se localizó dicho dispositivo, para ser utilizado en el consumo doméstico, comercial y para sus huertos familiares. En ambos casos, los habitantes de estas localidades rurales han manifestado su satisfacción por la instalación de estos dispositivos, al observar el beneficio directo de contar con agua todos los días de neblina en la zona.

Finalmente, es conveniente indicar que se está desarrollando otra etapa en este proyecto, que consiste en buscar financiamiento en dependencias estatales y municipales, con el propósito de dotar de captanieblas a otras localidades de la región, interesadas en estos dispositivos, al observarlos en operación en las 2 localidades rurales ya comentadas; al mismo tiempo que se ha desarrollado un manual de autoconstrucción de captanieblas.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Cereceda, P., R.S. Schemenauer, and M. Suit. 1992. *Alternative Water Supply for Chilean Coastal Desert Villages*, Water Resources Development, 8(1), pp. 53-59.
- López, J.M., W.V. Cantos, and R.R. Meneses. 1989. *Construcción de Atrapanieblas*, Revista La Platina, 56, pp. 41-47.