

Cosecha de agua de lluvia con tanques de mampostería. Caso: San Miguel Piedras, Nochixtlán, Oaxaca

INTRODUCCIÓN

Actualmente en gran parte del país se presenta el problema de abastecimiento de agua para uso humano, problema que no es ajeno al estado de Oaxaca, donde existen comunidades que muestran altos índices de marginación asociados a la escasez de agua por periodos largos de estiaje, como es el caso del Municipio de San Miguel Piedras en la Mixteca Alta de Oaxaca (figura 1).

Generalmente la política de suministrar agua mediante una red de agua potable para las comunidades rurales resulta insostenible [1]. Las zonas rurales y altamente marginadas presentan asentamientos muy dispersos, siendo una red de distribución costosa para proveer a unas cuantas viviendas. Por otra parte, en la mayoría de las comunidades del estado de Oaxaca, existe un grave paternalismo gubernamental de liberar a los usuarios del pago por el servicio de agua potable o éste es simbólico, lo que ocasiona una baja recaudación, además que la instalación de un sistema de medición para cobrar lo que se consume implica un costo inicial excesivo y de operación que incluso para las grandes ciudades no es eficiente.



Figura 1. Vista de San Miguel Piedras, Nochixtlán, Oax

Resumen / Abstract

El estado de Oaxaca afronta el problema de abastecimiento de agua para uso humano, en comunidades que muestran alta marginación asociada a la escasez de agua durante el estiaje, como en el Municipio de San Miguel Piedras en Oaxaca. Se presenta aquí una alternativa para captar y almacenar agua de lluvia. El índice estandarizado de precipitación define a la zona con condiciones hidrológicas normales, pero por deforestación y falta de suelos se considera una zona árida. Se construyeron poco más de 200 cisternas con capacidad de 10000 litros cada una. Con este tipo de proyectos la comunidad asume el rol de proveer su abastecimiento hídrico, permite una participación activa y no solamente se queda, por parte de las instituciones, en la transmisión de información técnica.

Palabras clave: agua de lluvia, almacenamiento, captación, cisternas.

The state of Oaxaca faces the problem of water supply for human use in communities showing margination due to water scarcity during the dry period, as in San Miguel Piedras municipality in Oaxaca. An alternative is presented here to retain and store rain water. Standard precipitation index classifies the zone as one of normal hydrologic conditions but because of deforestation and lack of soils it is considered as an arid zone. More than 200 water tanks were built with 10000 liters of capacity each. With this type of projects the community itself provides its own water supply, assuming an active participation in decisions and preventing the project from being only an institutional transmission of technical information.

Keywords: rain water, storage, retention, water tank.

Margarito Ortiz-Guzmán, email: margarito_og@yahoo.com

Valentín J. Morales-Domínguez, email: valentin_md@yahoo.com.mx.

Manuel D. Aragón-Sulik

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Oaxaca (CIIDIR).

Instituto Politécnico Nacional. Santa Cruz Xoxocotlán. Oaxaca.

Se debe reconocer que aún cuando las comunidades cuenten con una red de abastecimiento, la dotación no siempre es permanente, las fuentes de provisión hídrica pueden fluctuar a lo largo del año y dependen del régimen hidrológico de cada entidad geográfica [2].

Debido a la naturaleza propia de las comunidades rurales se buscan tecnologías que permitan una sustentabilidad del recurso [3], el principal reto es aprovechar las precipitaciones existentes que se presentan en los meses de junio a octubre, y evitar que la mayor parte transite a las partes bajas de las cuencas sin ser aprovechadas. Por lo anterior el CIIDIR Unidad Oaxaca, busca mejorar la técnica de cosecha de agua de lluvia mediante techumbres de viviendas y cisternas.

La técnica de cosecha de agua de lluvia es ancestral, evidencias arqueológicas muestran su empleo desde hace 6000 años y aceptada porque recolecta agua de buena calidad en zonas rurales. El agua de lluvia tiene un pH neutral, es libre de sales, minerales y contaminantes generados por el ser humano [4].

Con esta técnica se evita los sistemas de conducción, ya que su consumo está cercano a la captación, requiere un proceso de purificación suave si es necesario y provee del recurso cuando otras fuentes no son aceptables para su uso o son escasas.

Uno de los principios de la reunión de Río [5], menciona la participación pública como aproximación al manejo de los recursos hídricos, además se debe cumplir con el precepto de gobernanza del agua que define al rango de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que son de un lugar para desarrollar y manejar los recursos hídricos, y la entrega de los servicios a diferentes niveles de la sociedad. Siendo un acercamiento importante de este trabajo la participación comunitaria como principio esencial del desarrollo del proyecto, además se motiva el acceso y control sobre sus recursos, en especial su abastecimiento hídrico familiar mediante obras de bajo costo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un diagnóstico de la situación hidrológica de la zona empleando los datos climatológicos de la zona se obtuvieron con la estación "Huitepec" [6], situada a escasos siete kilómetros. A pesar de las precipitaciones que ocurren en la población de Chidoco, cerca de 848 mm por año [6], el riesgo de desertificación de la zona es latente, por la escasa disponibilidad de agua para el consumo humano. Para corroborar esta situación se determinó el cociente de sequedad [7], con el fin de identificar si la zona presenta el carácter de aridez. El cociente de sequedad (Cs) se define como la relación media anual entre el balance de energía radiante en la superficie y el calor requerido para evaporar dicha precipitación anual.

Los resultados obtenidos al aplicar el método de Índice estandarizado de precipitación se muestran en la tabla I, donde el valor de 1 corresponde a "muy húmedo"; 2 corresponde a una "humedad moderada" y 3 a una situación casi normal. La evaluación del índice estandarizado de precipitación define a la zona con condiciones hidrológicas normales, pero por problemas de deforestación y falta de suelos se considera una zona árida.

En la zona existe una alta tasa de deforestación, con una cubierta vegetativa de árboles que mudan sus hojas en épocas de secas. Existe sobreaprovechamiento del escaso bosque debido al sobrepastoreo y/o el empleo para leña. Por su parte el suelo es desnudo, seco, y muy escaso, presentando afloraciones de material calizo en algunas partes (figura 2).

El coeficiente de sequedad (Cs) determinado es 1.716. Se observa en la tabla II que la zona se encuentra ubicada en una zona subhúmeda, muy cerca del rango semiárido. Así también por la inquietud de conocer si la escasez de agua se debe a un periodo de sequías, se realizó un análisis de precipitaciones, aplicando el método del Índice Estandarizado de Precipitación [8] y considerando la definición que la Organización Meteorológica

TABLA I- ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN PARA EL REGISTRO DE LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA

Mes/año	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Enero	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Febrero	1	1	1	1	1	3	1	2	3
Marzo	1	1	3	2	1	3	2	2	3
Abril	1	2	3	2	1	3	2	3	3
Mayo	3	3	3	2	1	3	2	3	3
Junio	3	3	3	2	2	3	3	3	3
Julio	3	3	3	3	2	3	3	3	3
Agosto	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Septiembre	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Octubre	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Noviembre	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Diciembre	3	3	3	3	3	3	3	3	3



Figura 2. Afloramiento de material calizo en la zona de estudio

Mundial [9] define a la sequía como: "Un periodo de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico".

TABLA II- RANGOS DEL COEFICIENTE DE SEQUEDAD PARA DIFERENTES REGIONES CLIMÁTICAS

Región climática	Coefficiente de sequedad
Húmeda	<1
subhúmeda	$1 < CS < 2$
semiárida	$2 < CS < 7$
Árida	$7 < CS < 10$
desierto	$10 < CS$

La naturaleza del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) determina la presencia de una sequía o un evento anómalo para un periodo de tiempo particular con datos únicamente de precipitación [8]. El cálculo de SPI implica ajustar una función de densidad de probabilidad gamma a una distribución de frecuencias de un registro histórico de precipitación para una estación climatológica en particular. La probabilidad acumulada se transforma en una variable aleatoria normal estándar Z con media cero y varianza uno. Empleando la aproximación de Abramowitz y Stegun [10], se convierte la probabilidad acumulada en una variable normal estándar.

Dada la topografía montañosa de la zona se planearon

recorridos para la cuantificación de las áreas de techumbres para la cosecha del agua de lluvia así como la altura de las mismas y las características litológicas del terreno, dada la necesidad de alimentar las cisternas por gravedad, figura 3. Mediante un programa de dibujo por computadora se dibujaron las plantas de conjunto de los predios, conteniendo la ubicación de los techos adecuados para la captación del agua y los sitios propicios para la construcción de las cisternas, esto nos permitió cuantificar los materiales necesarios para la conducción del agua. Se diseñaron las cisternas acorde a las características de los predios y se construyeron con materiales convencionales.



Figura 3. El llenado a la cisterna debe ser por gravedad.

Se localizaron los sitios, considerando la orientación de las techumbres y ubicando las cisternas en un lugar apropiado, donde la altura de la techumbre y el nivel terminado del tanque no rebasara la pendiente para el llenado de la mismas, las dimensiones de las obras fueron en su mayoría de 2.50 m de largo x 1.80 m de ancho y 2.30 m de altura, dando un volumen 10 m³ efectivos.

El desplante en su mayoría superficial, sobre el terreno natural, previo retiro de la capa superficial en un espesor de 30 cm y nivelado para evitar las posibles grietas por asentamientos.

Una vez terminado de afinar y nivelar el terreno natural, se procedió a colocar la plantilla, al mezclado de materiales con proporción 1:3:3, cemento-arena-grava, medido en volumen, la grava el tamaño máximo fue de 1", la plantilla fue de 5 cm de espesor, con una resistencia $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$. Al día siguiente se procedió al habilitado de la losa de cimentación, reforzada con un entramado de varillas de 3/8", con separación a cada 15 cm en ambos sentidos, en cada esquina fue anclado un castillo de sección 15 x 15 cm con 4 varillas de diámetro 3/8", lo mismo que al centro del claro mas largo, y los estribos de alambra a una separación a cada 20 cm, el espesor de la losa fue de 15 cm. Una vez fraguado y pulido el concreto de la losa de cimentación se procedió a la colocación del tabicón, juntado con mortero cemento-arena en proporción volumétrica 1:4. A su término se colaron los castillos esquineros con la finalidad de confinar al muro. Con el mismo armado y la misma sección se colocó y se coló la cadena de cerramiento en forma perimetral dejando las dos varillas de la parte superior para el anclaje de la losa tapa figura 4.



Figura 4. Detalle del colado de la cadena de cerramiento.

Retirados las cimbras de los castillos y cadena, se procedió a aplicarle el aplanado con un mortero plástico y de consistencia pastosa para que se adhiriera al tabique en la parte interna de la cisterna, y de preferencia dejarlo unos dos días mínimos para que agrietara por efectos de

contracción del mortero y al tercer día, se le aplicó el aplanado fino con llana de madera e inmediatamente se pulió con la pasta del cemento y una llana metálica para sellar todas las posibles grietas y de esta forma evitar posibles filtraciones posteriores figura 5.

Las cisternas se terminaron en su parte interna antes de colocar la losa tapa. La losa fue de un espesor de 10 cm, armado de igual forma que la losa de desplante, todo el concreto empleado en losas, castillo y cadena fue de un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.



Figura 5. Detalle de pulido en la parte interna.

En uno de los extremos de la losa se dejó la preparación para la tapa metálica y tener acceso al interior para los trabajos de limpieza y mantenimiento figuras 6 y 7, estos trabajos deben realizarse cuando menos una vez al año antes de cada periodo de lluvia. Las tapas se pintaron con pintura epóxica para darle mayor durabilidad, en el otro extremo se dejó la preparación para la colocación de un filtro de grava-arena para evitar la introducción de basura u algunas hojarascas arrastradas por la corriente de agua de las techumbres.



Figura 6. Detalles del acceso a las cisternas.



Figura 7. Detalles de la ventilación de las cisternas.

La captación de agua se realizó de las techumbres perimetrales de las casas por medio de tubos de pvc de diámetro de 4" partidos a la mitad en forma longitudinal y soportado por anclajes de solera y para su conducción al tanque es con el mismo diámetro de tubo pero sin ser modificado, dándole rigidez para evitar que colgara por el peso del agua antes de llegar al filtro de la cisterna.

Con relación a la construcción, se les enseñó todo el proceso constructivo en su totalidad. En este caso participaron activamente los campesinos usuarios con un oficial conocedor de esta técnica, el apoyo fue por periodos cuando el trabajo era de la misma actividad, y como existen albañiles locales, se les delegó en algunas ocasiones a ellos la responsabilidad sin abandonarlos con la supervisión figura 8.



Figura 8. Detalles del proceso constructivo de las cisternas por los usuarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó el índice estandarizado de precipitación que define a la zona con condiciones hidrológicas normales, pero por problemas de deforestación y falta de suelos se considera una zona árida. En este trabajo, se presenta una alternativa para captar y almacenar agua de lluvia, Se construyeron poco más de 200 cisternas con capacidad de 10000 litros cada una.

Se requiere de obras de almacenamiento que permitan dotar de este vital líquido a las personas a un costo razonable y que propicien el desarrollo de las comunidades, siendo la cosecha de agua de lluvia por medio de techumbres una opción viable para disminuir la carencia de este vital líquido. Cabe señalar, que con este tipo de proyectos se otorga a la comunidad el rol de proveer su abastecimiento hídrico, esta estrategia permite una participación activa y no solamente se queda, por parte de las instituciones, en la transmisión de información técnica.

RECONOCIMIENTOS

A las autoridades municipales de San Miguel Piedras Nochixtlán, Oax. y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, unidad Oaxaca.

REFERENCIAS

- [1] Asthana A.N. "Where the water is free but the buckets are empty": demand analysis of drinking water in rural India. *Journal of Open Economies review* 8:2, Kluwer Academic. Publisher. 1997, pp. 137-149.W.-K. Chen, *Linear Networks and Systems (Book style)*. Belmont, CA: Wadsworth, 1993, pp. 123-135.
- [2] Comisión Nacional del Agua, "Estadísticas del Agua en México". CNA, SEMARNAT, México, 2007.
- [3] Secretaría de Salud. DGIS, "Boletín de Información Estadística". Volumen I y III. México, 2004.
- [4] Texas Water Development Board (TWDB). "The Texas manual on rainwater harvesting." Third edition, Austin Texas, 2005.
- [5] UNESCO. "El agua una responsabilidad compartida. 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo". Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), versión en castellanos. Editorial Sociedad Estatal Expoagua, Zaragoza 2008, S. A. 2006.
- [6] Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ERIC II, "Extractor rápido de Información climatológica," v.2.0, versión disco compacto. México, 1999.
- [7] Campos A. D. F., Aplicación del cociente de sequedad en la República Mexicana. *Revista Tlaloc AMH*, No. 36, Enero-Abril, México, 2006, pp. 13-23.
- [8] McKee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist, "The relationship of drought frequency and duration to time scales". Preprint. Eight Conference on applied climatology, January 17-22. Anaheim: California. 1993. pp. 179 -184.
- [9] Organización Meteorológica Mundial. "Vocabulario Meteorológico Internacional" Publicación No. 182. Ginebra, Suiza. 1992.
- [10] Abramowitz M, and I. A. Stegun. "Handbook of mathematical functions with formulas, graphs and mathematical tables". United States Department of Commerce National Bureau of Standard. U.S.A. 1964.