

**CONTRIBUCIÓN A LA GOBERNANZA DEL AGUA SUBTERRÁNEA MEDIANTE  
LA RECARGA ARTIFICIAL EN SAN ANTONINO, OAXACA  
CONTRIBUTION GROUNDWATER GOVERNANCE, BY MEANS OF RECHARGE  
IN SAN ANTONINO, OAXACA**

**Autores:** Manuel Dino Aragon Sulik

Victoria Pérez Cruz

Valentín J. Morales Domínguez

**Institución:** Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán, México

**Correo electrónico:** [mdsulik@yahoo.com.mx](mailto:mdsulik@yahoo.com.mx)

[mayovi023@gmail.com](mailto:mayovi023@gmail.com)

[valentin\\_md@yahoo.com.mx](mailto:valentin_md@yahoo.com.mx)

**RESUMEN**

Como en la gran parte de México, la comunidad de San Antonino Castillo Velasco perteneciente al Estado de Oaxaca, sufre pérdida de volúmenes en sus mantos freáticos debido a tres factores principales: 1) aumento en la demanda por crecimiento poblacional, 2) el cambio del medio físico como deforestación, cambio de uso de suelo, contaminación por aguas servidas, afectación del cambio climático entre otros, y 3) deficiente administración de las aguas subterráneas que permite un aprovechamiento intensivo, pérdida de manantiales, uso deficiente del riego parcelario. En este trabajo se presentan resultados en la identificación y contribución hacia una gobernanza efectiva del recurso hídrico subterráneo, mediante la atención a las subfunciones de una gobernanza basada en la comunidad, con la finalidad de fortalecer la participación pública, flexibilidad institucional y la promoción de un sistema de recarga artificial que apoye la sustentabilidad del acuífero libre de San Antonino, Oaxaca. Desde 1985, fecha en que iniciaron sus trabajos de recarga artificial, la comunidad ha logrado recuperar el nivel freático de antaño. Los resultados de este trabajo permiten en los actores sociales mejorar el conocimiento de su territorio, visibilizar el reconocimiento de su capital social y fortalecer sus instituciones de regulación, normativas y culturales-cognitivas.

**Palabras clave:** Bien común, Gobernanza comunitaria, Recarga artificial.

**ABSTRACT**

Like a mayor part of Mexico, San Antonino Castillo Velasco in Oaxaca state, it loss volumes of groundwater due three factors: 1) increase of population, 2) alteration of physic environment such a deforestation, change in land use, water pollution climate change 3) poor manage water that allow intensive use, loss of springs, loss in farm irrigation. In this paper, results are presented about identification and contribution towards effective governance of groundwater resources, by means of employ subfunctions of a community based governance, focused strengthen public participation, institutional flexibility and promotion of an artificial recharge system that supports the sustainability of water table aquifer in San Antonino, Oaxaca. Since 1985, when the community began their artificial recharge, the community has recovery the water table ancient, the results of this paper allow skaeholders to improve knowledge of their territory, make visible the recognition of their social capital, and strengthen its regualtory, normative and cultural-cognive insituttions.

**Keywords:** Artificial recharge, Common Good, Community governance.

## INTRODUCCIÓN

La comunidad de San Antonino, Oaxaca, pertenece a los Valles centrales de Oaxaca (figura 1), su actividad económica principal es la agricultura (Municipio de San Antonino Castillo Velasco, 2018) y, por consiguiente, ha utilizado el agua subterránea como auxilio en sus cultivos agrícolas, debido a este aprovechamiento continuo y excesivo los niveles freáticos sufrían pérdidas anuales hasta un metro de abatimiento (Pérez Cruz, 2018).

Por efecto del abatimiento, los costos de bombeo se elevaron, así como muchos pozos se secaron, lo anterior ocasionó que gran parte de los agricultores abandonaran sus terrenos, se generó una fuerte migración a otras regiones y el cambio de actividad agrícola disminuyó notablemente (Caravantes, P. comunicación personal, febrero del 2017).

Por su parte, los gobernantes destinaban los recursos públicos a tareas tradicionales como la construcción de redes de agua, drenaje, construcción de una planta de tratamiento, construcción de pozos de bombeo, es decir su único objetivo es satisfacer la demanda del recurso hídrico.

A partir de 1985 se organiza un pequeño grupo de agricultores, para abordar la problemática del agua, acuerdan la construcción de sistemas de recarga artificial con recursos propios y se dan a la tarea de experimentar diversos diseños.

Con las anteriores acciones, la problemática fue resuelta parcialmente, sin embargo, existía un desconocimiento para optimizar sus recursos, algunos pozos de absorción no funcionaban adecuadamente y otros se alimentaban con aguas residuales, existió una participación nula de las autoridades gubernamentales, su forma de organización era débil, se manifestaba un desconocimiento preciso en el funcionamiento de las aguas subterráneas y los beneficios de la recarga artificial.

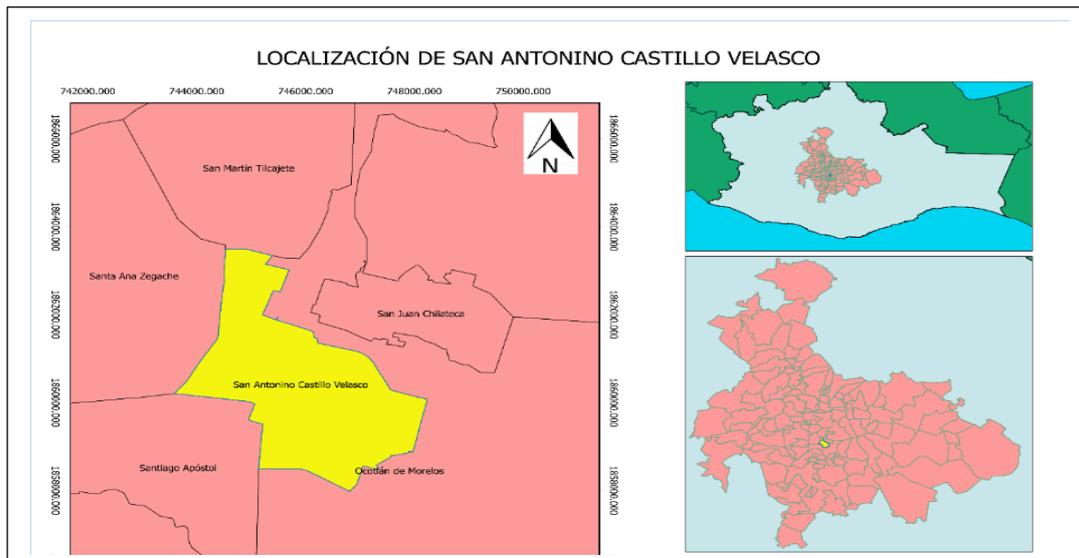


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

El trabajo desarrollado por parte de investigadores del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Oaxaca, en conjunto con alumnos de la maestría en Gestión de proyectos para el desarrollo solidario del Instituto Politécnico Nacional (IPN), planteó el objetivo siguiente: Fortalecer el cambio social hacia una gobernanza comunitaria, para propiciar una sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo con apoyo de los sistemas de recarga artificial como objeto de aprendizaje social.

De un sistema social anárquico como tradicionalmente se ha manejado, basado en la gobernanza de comando y control, en el cual los habitantes esperan de sus gobernantes, satisfacer su consumo de agua con aplicación de soluciones técnicas, se busca migrar hacia una gobernanza basada en la comunidad en la cual los actores sociales participan en la generación de políticas públicas y fomentan el fortalecimiento de un cambio institucional.

De forma específica, Pahl *et al.* (2013) define la gobernanza del agua como la función social que regula el desarrollo y gestión del recurso hídrico y la provisión de

los servicios a diferentes niveles de la sociedad y conduce los recursos hacia un estado deseable.

La gobernanza es un proceso sistemático que está basado en la inclusión y participación de los actores sociales que son afectados en la aplicación de políticas, por lo que estos tienen que intervenir en la toma de decisión.

Cabe señalar que cualquier gobierno ejerce un tipo de gobernanza, para hacer la distinción se emplean adjetivos como efectiva, buena, en este sentido se empleó la categorización de Pahl *et al.* (2013) quien define tres tipos de gobernanza: 1) comando y control, 2) basado en el mercado, y 3) basado en la ética comunitaria y en redes. El primero no es adecuado para estudios del agua, si se analiza solo se emplean acciones para satisfacer la demanda de la población, el segundo modelo, aun cuando países del primer mundo lo consideran justo por el intercambio de medios de consumo, desde la perspectiva solidaria de las comunidades, en su mayoría de alta vulnerabilidad social y económica, no es justo aplicar modelos económicos desventajosos, en este trabajo el agua se considera desde la filosofía de un bien invaluable, es decir un sujeto con “dignidad” como los bosques, suelo y otros bienes comunes, y por lo cual se trabaja bajo el enfoque de Ostrom (2010).

Este tipo de gobernanza tiene significado a nivel comunitario, porque éstas además de sus conocimientos y prácticas, tienen arraigadas sus creencias, que se transmiten históricamente en el mismo núcleo social.

Por su parte, para hacer operativa la gobernanza en este trabajo se consideró evaluar las subfunciones como clave para implantar una estructura formal.

Para evaluar el cambio en la comunidad, se emplea el término de institución como recurso de evaluación al cambio, y se aplica la definición propuesta por Scoot (2008): comprende elementos regulativos, normativos, y culturales-cognitivos con actividades y recursos asociados que proporcionan una estabilidad y sentido a la vida social.

De forma práctica, las instituciones son las reglas que los actores consideran para su quehacer cotidiano de forma rutinaria, puede aplicarse una normatividad externa o aquella que, por conductas ya asimiladas y fortalecidas en el núcleo social, y por lo general no escritas, conducen a comportamientos.

Cabe señalar que las instituciones como se trabajaron en este estudio, se modificaron, fortalecieron o externalizaron principalmente generando los medios

para su accesibilidad a los actores que se consideraban excluidos como las autoridades municipales, mediante talleres y mesas redondas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se planteó una adecuación de la metodología empleada: Investigación acción participativa para identificar elementos de la gobernanza y para dar origen a otros en la zona de estudio, el proceso consistió en la realización de un diagnóstico social y físico, se determinó de referencias (López, 2011; Conagua, 2018), y mediciones en pozos que se encuentran en el acuífero libre, profundidades al nivel freático que alcanzan los 18 m en promedio (Pérez Cruz, 2018).

De los recorridos en campo se posicionaron con un GPS marca Garmin, los pozos de absorción que funcionan en San Antonino, de los cuales se seleccionaron 10 pozos representativos para determinar su capacidad de infiltración y respuesta a los escurrimientos, mediante pruebas slug (Buttler, Garnett y Healey, 2003), posteriormente se regionalizaron zonas de mayor capacidad de infiltración que corresponden a sitios en donde pueden ubicarse un mayor número de obras de recarga.

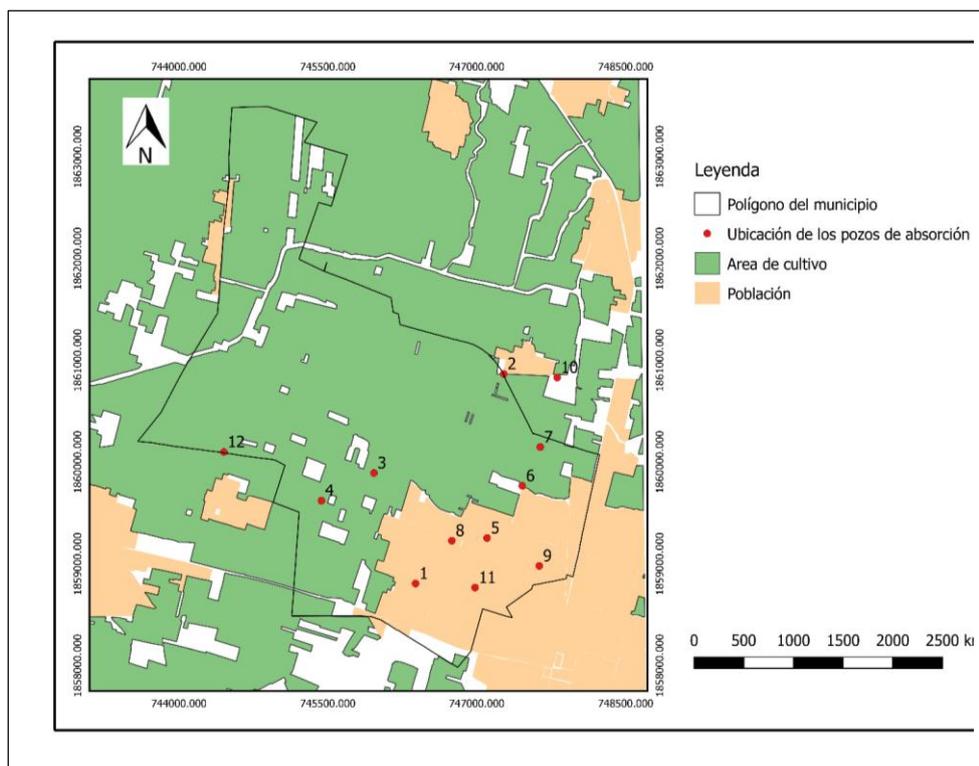


Figura 2. Ubicación de los pozos muestreados en San Antonino, Oaxaca.

En el ámbito social se realizaron talleres para identificar aspectos de la comunidad en relación con el conocimiento del acuífero, sus capacidades técnicas y sus creencias del recurso hídrico. Principalmente los actores sociales que participaron corresponden al sector agrícola, quienes en su mayoría emplean pozos de aprovechamiento, tradicionalmente han trabajado de forma independiente, el municipio ha participado de forma intermitente según la administración en turno, específicamente según la disposición de los gobernantes hacia este tipo de actividades, y básicamente con financiamiento de nuevas obras.

Se realizó un diagnóstico previo para delimitar la problemática dentro de un contexto dado, mediante la socialización de la información disponible en un taller introductorio para delimitar el alcance del trabajo. Posteriormente se trabajó en conjunto con estos actores en la identificación de sus fortalezas como comunidad, con el fin de hacer los cambios en sus instituciones y proponer medios para su flexibilización, generar un espacio de trabajo policéntrico, así como una jerarquía de responsabilidad rotativa. Se presentaron los resultados de los estudios geohidrológicos a fin de generar un cambio conceptual sobre su territorio.



Figura 3. Pruebas geohidrológicas tipo Slug para definir la capacidad de infiltración del pozo.

De los modelos de gobernanza planteados se utilizó la gobernanza basada en la comunidad, con apoyo de encuestas se identificaron las subfunciones que estructuran la gobernanza del agua, como son: la estructura política, resolución de

conflictos, construcción de reglas, generación del conocimiento, y movilización del recurso (Pahl et al., 2013).



Figura 4. Aplicación de talleres a los actores representantes de Parajes.

Tabla 1. Herramientas participativas utilizadas en la identificación y percepción del recurso agua.

Herramienta	Aplicado a:
Línea de tiempo	Conocer los cambios significativos, procesos históricos de la comunidad, que tienen relación con el uso y manejo del agua que construyeron el territorio actual de San Antonino Castillo Velasco
Diagrama de toma de decisiones sobre el agua y obras de recarga	Identificar quiénes son las organizaciones y grupos, que participan y toman decisiones sobre el agua y las obras de recarga, pozos de absorción, dentro de la comunidad y fuera de la comunidad, y como la comunidad los visualiza.
Equidad en la participación	Identificar participantes y ejecutores de actividades relacionadas con el agua y las obras de recarga.
Lluvia de problemas	Obtener información de los problemas principales con el agua y de los pozos de absorción.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las pruebas geohidrológicas slug, se concentraron en un mapa mediante un modelo de interpolación espacial Kriging, se definen las zonas con mayor capacidad de recarga y servirán para la construcción de nuevas obras de recarga artificial (figura 5).

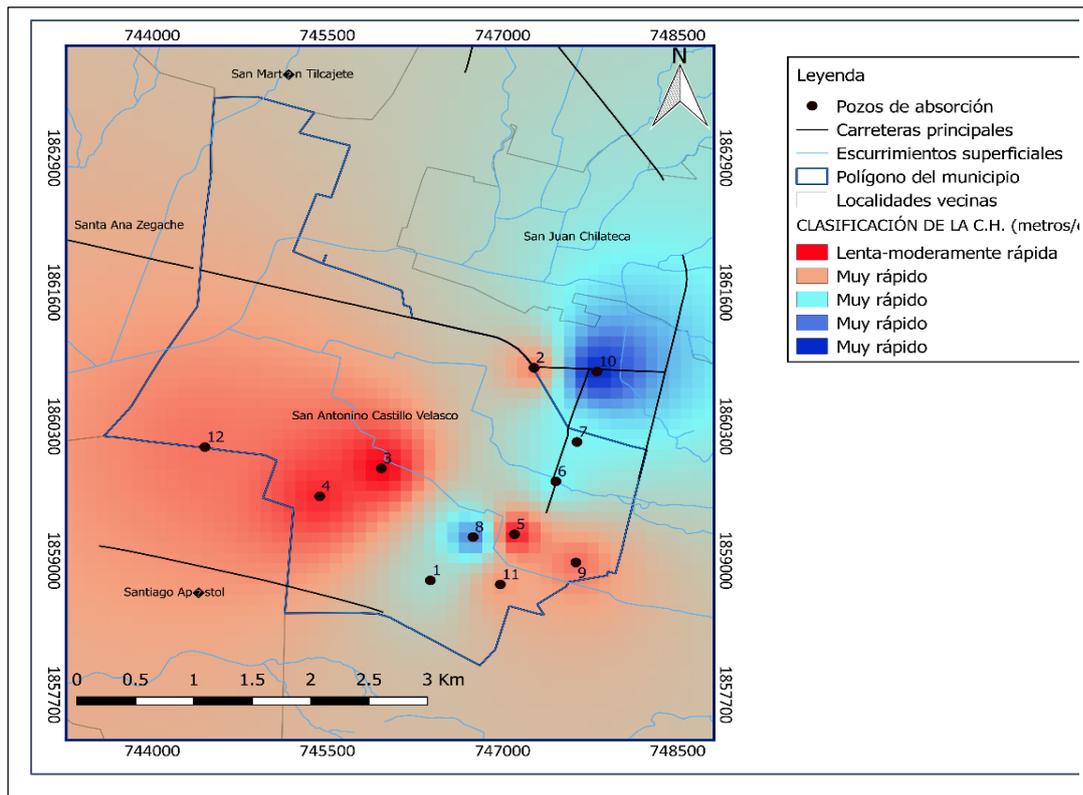


Figura 5. Delimitación de áreas con diferente capacidad de recarga en San Antonio Castillo Velasco, Oax.

El mapa indica que la mayor parte de este territorio existe una alta probabilidad de que los pozos de absorción construidos funcionen adecuadamente, se delimita una franja central (color azul), en donde los pozos almacenan el agua captada y ésta se pierde por evaporación.

De los talleres diagnósticos se confirmó la historia en la evolución de las obras de recarga, además se resaltaron los conflictos surgidos con los diferentes sistemas construidos, se identificó un escenario inicial del acuífero y las pérdidas ambientales ocurridas en este territorio.

En la forma de organización, se formalizó una red de nodos con jerarquías simples, con responsabilidad basada en pequeños territorios denominados como “Parajes”, en los cuales se localizan tres o más obras de recarga, siendo la responsabilidad compartida y delegando a un coordinador de paraje de forma rotativa.

Así también, en los talleres se evidenció a la comunidad que a lo largo de los años han construido un capital fortalecido con el medio ambiente, en especial con el recurso hídrico subterráneo, la funcionalidad de su organización es adecuada, se han hecho evidentes constructos que ellos mismos desconocían que existían, y, sin embargo, fortalecen sus comportamientos.

Para identificar las subfunciones de la gobernanza, enseguida se describen los hallazgos de los aspectos significativos.

#### 1) Generación del conocimiento.

Se logró socializar un significado del ciclo hidrológico, el proceso de infiltración y la recarga artificial; la gran mayoría de los actores suponían que el agua subterránea transitaba en ríos subterráneos, por lo cual se desarrollaron esquemas del funcionamiento del acuífero, y especialmente el riesgo que puede sufrir el acuífero por recargar con agua contaminada.

Se legitimó el significado que para ellos es el agua y porqué aceptaron la responsabilidad y cuidado de este bien compartido que es un saber más asociado a la creencia cosmológica.

Un aspecto que se debe resaltar es el cambio del conocimiento de algunos pobladores al observar agua estancada en el pozo y suponer que el nivel freático había elevado hasta esa cota, este conocimiento fue modificado al corroborar con las pruebas slug, que esta agua corresponde al almacenamiento en el pozo producto de la escasa infiltración, y construido en suelos con arcillas de alta plasticidad y que se debe asociar a pozos con mal funcionamiento.

#### 2) Marco político.

A pesar de ser numeroso el grupo es homogéneo en el sentido de objetivos, lo que facilita estructurar las políticas, el grupo ya está convencido del trabajo en comunidad, se visibilizaron aspectos de capital humano que ellos no percibían, como el trabajo solidario, la confianza entre ellos para trabajar y la definición de roles, así como la apertura de espacios para evitar exclusión de grupos.

#### 3) Movilización del recurso.

El costo de construcción de nuevas obras es alto, además que se requiere un mantenimiento preventivo periódicamente, un aspecto que se debe resaltar en este proceso es la participación más activa de las autoridades municipales quienes actualmente destinan parte de su presupuesto a la construcción de nuevas obras,

así también el grupo empieza a buscar recursos de otras fuentes de financiamiento, lo que denota un liderazgo de la comunidad para movilizar recursos.

#### 4) Resolución de conflictos.

Los primeros años consistieron en probar los diferentes diseños, por lo que los conflictos surgieron por el destino del recurso económico, la priorización de lugares para construcción y la responsabilidad del mantenimiento, con los estudios realizados se reduce la incertidumbre del funcionamiento, y actualmente los problemas provienen de instituciones externas que limitan el desarrollo de la recarga subterránea por cuestiones técnicas, como la Comisión Nacional del Agua, la Comisión Estatal del Agua, entre otras entidades.

#### 5) Construcción de reglas.

Con la amplia experiencia comunitaria de varios años, los actores responsables de los sistemas de recarga artificial, han logrado convencer a la mayoría de la población agrícola de esta comunidad, el cambio de conductas y comportamiento ha sido paulatino, esta experiencia logra sintetizar el destino en la gestión de las aguas subterráneas con la elaboración de estatutos para la propia comunidad, en los cuales se plasman acciones de planeación y construcción de nuevas obras, jerarquización en parajes y responsabilidades, así como sanciones a quienes incumplan con sus tareas.

### **CONCLUSIONES**

Los trabajos realizados en conjunto con la comunidad, fortalecieron sus acciones en cuidado y protección de las aguas subterráneas, estos cambios en el conocimiento, el intercambio de experiencias y en algunas creencias del acuífero, sirvieron para reducir incertidumbre en la planeación de nuevas obras, y contribuye al cuidado de su presupuesto. Este cambio no concluye con este trabajo, continua como consecuencia de la evolución de la comunidad, no obstante, la visualización de este capital social manifestado y reconocido con el apoyo de técnicas que expresen el convencimiento en beneficio de las obras construidas, además del reconocimiento de buena vecindad, solidaridad y empatía entre ellos. Los resultados de sus trabajos se han visto premiados, puesto que en estos últimos años el nivel freático del agua subterránea recupera paulatinamente su cota de antaño, los agricultores regresan a sus terrenos al trabajo agrícola y fortalecer este sector productivo, aunado a que robustecen la soberanía alimentaria de sus habitantes. El sentido que la comunidad

refleja de este bien común, influye en la construcción de nuevas obras de recarga, esto no se podría entender de otro modo, ya que sus aportaciones de financiamiento propio en la construcción de una obra de recarga superan varios meses del ingreso por agricultor en promedio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUTLER Jr, J.; GARNETT, E. y HEALEY, J. (2003). Analysis of Slug Tests in Formations of High Hydraulic Conductivity. *Ground water*. No.41. pp.620-30.
- CONAGUA. (2018). Actualización de la disponibilidad media de agua en el acuífero Valles Centrales del Estado de Oaxaca. Comisión Nacional Del Agua, México.
- LÓPEZ, C. (2011). Acuíferos de los valles centrales, en su límite de disponibilidad. Disponible en: <https://agua.org.mx/acuiferos-de-los-valles-centrales-en-su-limite-de-disponibilidad/>. Visitado el 12 de agosto del 2020.
- MUNICIPIO DE SAN ANTONINO CASTILLO VELASCO. (2018). San Antonino Castillo Velasco Plan Municipal de Desarrollo 2017-2018. Oaxaca, México.
- OSTROM, E. (2010). Beyond markets and states: Polycentric governance of complex economic systems. *American Economic Review*, No. 100, pp.641-672.
- PAHL-WOSTL, C. ...[et al.] (2013). Missing links in global water governance: A processes-oriented analysis. *Ecology and Society*, Vol. 18, No.2, pp.33.
- PÉREZ CRUZ, V. (2018) Obras de recarga artificial y su percepción a través del enfoque Hidrosolidario en una comunidad rural de Oaxaca. Tesis de maestría, CIIDIR OAXACA, IN, México.
- SCOTT, R. W. (2008). Institutions and organizations: Ideas and interests (Fourth edn.). Thousand Oaks: Sage Publications.