



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO
SOLIDARIO**

Obras de recarga artificial y su percepción a través del enfoque
Hidrosolidario en una comunidad rural de Oaxaca

TESIS

Para obtener el grado de
MAESTRA EN GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO
SOLIDARIO

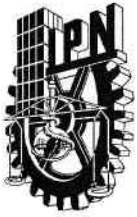
PRESENTA
VICTORIA PÉREZ CRUZ

DIRECTORES DE TESIS

M.C. MANUEL DINO ARAGÓN SULIK
DRA. MARÍA EUFEMIA PÉREZ FLORES

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

Junio, 2018



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca siendo las 13:00 horas del día 31 del mes de mayo del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR OAXACA para examinar la tesis titulada:
Obras de recarga artificial y su percepción a través del enfoque Hidrosolidario en una comunidad rural de Oaxaca

Presentada por el alumno:

Pérez Cruz
Apellido paterno Apellido materno
Nombre(s) Victoria

Con registro:

B	1	6	0	2	3	4
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dra. María Eufemia Pérez Flores

M. en C. Manuel Dino Aragón Sulik

M. en C. Susana Margarita Navarro Mendoza

M. en C. María de los Ángeles Ladrón de Guevara Torres

Dr. Emilio Martínez Ramírez

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
CIIDIR
UNIDAD OAXACA
IPN.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca el día 21 del mes junio del año 2018, el (la) que suscribe Victoria Pérez Cruz alumno (a) del Programa de Maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario con número de registro B160234, adscrito al **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de los **Dra. María Eufemia Pérez Flores y M. en C. Manuel Dino Aragón Sulik** y cede los derechos del trabajo intitulado **Obras de recarga artificial y su percepción a través del enfoque Hidrosolidario en una comunidad rural de Oaxaca**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección mayovi023@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

VICTORIA PÉREZ CRUZ

Nombre y firma



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, a mi madre, hermanos, sobrinos, por el apoyo y comprensión durante este tiempo.

Al M.C Manuel Aragón Sulik por su interés, acompañamiento en el trabajo de campo y apoyo en el trabajo de tesis y la maestría.

A la Dra. María Eufemia Pérez Flores por su interés, sugerencias y observaciones realizadas en el trabajo de tesis.

A los integrantes del comité de tesis, M. Susana Navarro Mendoza, Dr. Emilio Martínez Ramírez y M.C. María de los Ángeles Ladrón de Guevara Torres, por las observaciones realizadas en el documento.

A cada uno de los profesores de la Maestría en Gestión que contribuyeron en mi formación académica durante estos dos años.

A Maribel, por el apoyo y acompañamiento en el trabajo en la comunidad, a Adriana y Remedios, por su valioso apoyo en el procesamiento de las entrevistas y por estar en momentos de duda.

A las personas de la comunidad de San Antonino Castillo Velasco, que me proporcionaron su valioso tiempo, interés, durante el trabajo de campo, en especial al señor Pedro Caravantes.

A las autoridades municipales, Regidor de Ecología y Agricultura por las facilidades brindadas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo brindado durante este tiempo de formación académica, a través del programa de becas de posgrado y los apoyos complementarios para mujeres indígenas.

Al COCYT (COCITEI) por su apoyo proporcionado, mediante el programa de incorporación de mujeres indígenas en posgrados, que motivó a seguir con los estudios de maestría.

Al Instituto Politécnico Nacional y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Oaxaca por darme un espacio y su apoyo para realizar la maestría.

ÍNDICE

	Págs.
ÍNDICE	4
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
I INTRODUCCIÓN	10
II ANTECEDENTES	13
III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
OBJETIVOS	21
JUSTIFICACIÓN.....	22
IV MARCO TEÓRICO.....	24
4.1 EL AGUA EN LAS COMUNIDADES	24
4.2 EL AGUA UN BIEN COMÚN.....	24
4.3 ENFOQUE HIDROSOLIDARIO	25
4.3.1 AGUA Y ÉTICA.....	26
4.3.2 PRINCIPIOS ÉTICOS DEL AGUA	27
4.3.3 HIDROSOLIDARIDAD Y ECONOMÍA SOLIDARIA	34
4.4 PROCESO EN LA RECARGA DE ACUÍFEROS.....	36
V MARCO CONCEPTUAL	43
5.1 COMUNIDAD RURAL.....	43
5.2 PERCEPCIONES SOCIALES	44
5.3 INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA.....	45
5.4 PARTICIPACIÓN SOCIAL.....	46
5.5 PLAN COMUNITARIO PARTICIPATIVO	47
VI DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO	48
6.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	48
6.2 ASPECTOS SOCIALES Y ECONÓMICOS	49
VII METODOLOGÍA.....	53
7.1 IDENTIFICACIÓN DEL CONTEXTO ALREDEDOR DEL RECURSO AGUA Y LAS OBRAS DE RECARGA ARTIFICIAL	53

7.2	PERCEPCIONES DE LA RECARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA, RELACIONES SOLIDARIAS Y ÉTICA DEL AGUA	57
7.3	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS OBRAS DE RECARGA MEDIANTE PRUEBAS HIDROGEOLÓGICAS	59
7.3.1	DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN CAMPO.....	60
7.3.2	DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN LABORATORIO	61
7.3.3	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTO.....	63
7.4	PROPUESTA DEL PLAN DE ACCIÓN	63
VIII	RESULTADOS Y DISCUSIONES	65
8.1	IDENTIFICACIÓN DEL CONTEXTO ALREDEDOR DEL RECURSO AGUA Y LAS OBRAS DE RECARGA ARTIFICIAL	65
8.2	PERCEPCIONES DE LA RECARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA	69
8.2.1	PERCEPCIONES DEL AGUA EN LA COMUNIDAD	69
8.2.2	PERCEPCIONES DE LAS OBRAS DE RECARGA.....	72
8.3	PRINCIPIOS ÉTICOS DEL AGUA	87
8.4	EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS OBRAS DE RECARGA MEDIANTE PRUEBAS HIDROGEOLÓGICAS.....	95
8.5	PROPUESTA DEL PLAN DE ACCIÓN	103
IX	CONCLUSIONES	107
9.1	RECOMENDACIONES	109
X	LITERATURA CITADA	111
XI	ANEXOS.....	118
ANEXO 1	METODOLOGÍAS APLICADAS EN EL TALLER PARTICIPATIVO	118
ANEXO 2	FORMATO DE ENTREVISTA.....	121
ANEXO 3	RELACIÓN DE EDADES DE LAS PERSONAS ENTREVISTADAS EN SAN ANTONINO CASTILLO VELASCO	122
ANEXO 4	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DE RECARGA	123
ANEXO 5	CARACTERIZACIÓN DE LAS OBRAS Y SITIOS MUESTREADOS	125
ANEXO 6	CURVAS GRANULOMETRICAS DE LAS MUESTRAS RECUPERADAS EN LOS POZOS ARENEROS	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos y relaciones que existen en la Hidrosolidaridad.....	35
Figura 2. Mapa de ubicación de San Antonino Castillo Velasco, Ocotlan. Fuente: elaboración propia.	48
Figura 3. Recorridos preliminares en la comunidad de estudio. Fuente propia.....	55
Figura 4. Recorridos preliminares en la comunidad de estudio. Fuente propia.....	55
Figura 5. Realización del taller participativo en la comunidad. Fuente propia.....	56
Figura 6. Realización del taller participativo. Fuente propia.	56
Figura 7. Mediciones en pozos de absorción en SACV.....	60
Figura 8. Medición en un pozo de absorción. Fuente propia.	61
Figura 9. Muestra de suelo obtenida de un pozo arenoso. Fuente propia.....	62
Figura 10. Línea de tiempo de San Antonino Castillo Velasco, Ocotlán.....	67
Figura 11. Equidad en la participación. Elaboración propia.....	68
Figura 12. Mapa de ubicación de los doce pozos de absorción muestreados en San Antonino Castillo Velasco, Ocotlán.....	96
Figura 13. Mapa de clasificación de conductividad hidráulica en los puntos muestreados en San Antonino Castillo Velasco, Ocotlán.	97
Figura 14. Mapa de unidades de suelo y textura presentes en los sitios de estudio en San Antonino Castillo Velasco, Ocotlán.....	101
Figura 15. Mapa de unidades geohidrológicas presentes en los sitios de estudio en San Antonino Castillo Velasco, Ocotlán.....	102
Figura 16. Triangulación de resultados, presentación y validación de la propuesta del plan. Fuente propia.	106
Figura 17. Triangulación de resultados, presentación y validación de la propuesta del plan. Fuente propia.	106
Figura 18. Pozo de absorción	123
Figura 19. Pozo de absorción	123
Figura 20. Pozo arenoso	124
Figura 21. Pozo de absorción 1	125
Figura 22. Pozo de absorción 2.	126
Figura 23. Pozo de absorción 3 arenoso.....	127
Figura 24. Pozo arenoso	127
Figura 25. Pozo de absorción 4	129
Figura 26. Pozo de absorción 5.	130
Figura 27. Pozo de absorción 6	131
Figura 28. Pozo de absorción 7.	132
Figura 29. Pozo arenoso.	133
Figura 30. Pozo de absorción 8.	134
Figura 31. Pozo de absorción 9.	135
Figura 32. Pozo arenoso	136
Figura 33. Pozo de absorción 10	137
Figura 34. Pozo de absorción 11	138
Figura 35. Canal arenoso con rejillas.....	139
Figura 36. Pozo de absorción 12	140

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Disponibilidad de agua	50
Cuadro 2. Disponibilidad de drenaje	50
Cuadro 3. División ocupacional	51
Cuadro 4. Pobreza y rezago social.....	51
Cuadro 5. Etapas de la obtención de datos	53
Cuadro 6. Herramientas participativas utilizadas en la identificación y percepción del recurso agua.	56
Cuadro 7. Grupos de edad y género para la aplicación de las entrevistas.	58
Cuadro 8. Rangos de conductividad hidráulica (Villón, 2007).	63
Cuadro 9. Categoría de percepciones del agua en la comunidad, según los 27 entrevistados.	71
Cuadro 10. Origen y creación de las obras de recarga, según los 27 entrevistados.....	74
Cuadro 11. Percepciones representativas de los beneficios de las obras de recarga, según los 27 entrevistados.....	79
Cuadro 12. Participación en el mantenimiento de las obras de recarga, según los 27 entrevistados.	83
Cuadro 13. Organización, ventajas y propuestas de mejora, según los 27 entrevistados.....	86
Cuadro 14. Identificación de los principales principios éticos del agua en SACV.	89
Cuadro 15. Ubicación de los pozos de absorción en la comunidad, en coordenadas UTM 14N.....	95
Cuadro 16. Valores de conductividad hidráulica (K) obtenida en los pozos de absorción.	96
Cuadro 17. Valores de conductividad hidráulica obtenida en laboratorio.	98
Cuadro 18. Valores de velocidad de sedimentación	99
Cuadro 19. Matriz de la Propuesta del Plan de Acción.	104

RESUMEN

El agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento hídrico en el país, y en particular en los Valles Centrales del estado de Oaxaca, siendo la recarga artificial una de las estrategias que favorece la sustentabilidad del agua subterránea. El objetivo de este trabajo fue contribuir en la gestión de la recarga hídrica en San Antonino Castillo Velasco (SACV), Ocotlán, Oaxaca, México, a partir de la valoración de la percepción y ética de los usuarios con respecto al agua, la evaluación de la eficiencia de las obras de recarga artificial en funcionamiento, e integración de una Propuesta de un Plan de Acción bajo el enfoque Hidrosolidario. El trabajo se realizó en cuatro etapas, la primera consistió en la identificación del contexto alrededor del recurso agua y las obras de recarga artificial; la segunda, valoración de la percepción del proceso de recarga del agua subterránea, las relaciones solidarias y la ética de la comunidad con respecto al agua; la tercera fue la evaluación de la eficiencia técnica de 12 obras de recarga en funcionamiento mediante pruebas hidrogeológicas; y la cuarta, la integración de la Propuesta del Plan de Acción. Los resultados encontrados en la primera etapa indican que el territorio de SACV ha tenido cambios físicos y sociales, que en un primer momento modificaron la disponibilidad del agua de forma negativa, y posteriormente, con la construcción de las obras de recarga los niveles del agua subterránea se recuperaron parcialmente. Los resultados de la segunda etapa revelan que la valoración del agua y de las obras de recarga es muy alta. El agua subterránea es la principal fuente de agua para los usuarios, y de las obras de recarga artificial reconocen múltiples beneficios, principalmente en la reactivación de la agricultura. Sin embargo, existen prácticas identificadas por los pobladores que acentúan el riesgo de la sustentabilidad del agua subterránea. También se reconocieron y describieron elementos éticos del agua; éstos corresponden a los principios siguientes: equidad del agua, requisitos de los ecosistemas y un medio ambiente sano, vecindad, frugalidad, uso múltiple y benéfico del agua, medidas de cantidad y calidad, compensación y pago, y participación. Los resultados de evaluación de la eficiencia de las 12 obras de recarga artificial indican que en su mayoría funcionan correctamente para el fin que fueron construidos. El indicador de la capacidad de infiltración del material de arrastre fue menor que los resultados en las obras de recarga. Este material está principalmente constituido de elementos finos que con el paso del tiempo disminuye el tránsito del agua y la capacidad de recarga, por lo que resulta necesario realizar el mantenimiento de las obras para asegurar su eficiencia y prolongar su vida útil. No existe un mantenimiento continuo de todas las obras de recarga y falta implantar un programa formal de mantenimiento de las mismas. En la cuarta etapa, se integró la Propuesta del Plan de Acción la cual fue validada en la comunidad. El Plan muestra la situación actual del uso y manejo del agua y de las obras de recarga, los objetivos y acciones para aminorar los impactos en el bienestar de la población y del ecosistema, así como los posibles responsables para realizar la gestión o cumplimiento de dichas acciones.

Palabras clave: valoración social, organización, ética del agua, estrategias comunitarias.

ABSTRACT

Groundwater is the main source of water supply in the country, and in particular in the Central Valleys of the state of Oaxaca, with artificial recharge being one of the strategies that favor the sustainability of groundwater. The aim of this work was to contribute to the management of water recharge at San Antonino Castillo Velasco (SACV), Ocotlan, Oaxaca, Mexico, based on the assessment of users' perception and ethics regarding water, the evaluation of efficiency of the works of artificial recharge in operation, and the integration of a Proposal of an Action Plan under the Hydrosolidarity approach. The work was carried out in four stages: first of all, the identification of the context of the water resource, and the works of artificial recharge; secondly, the assessment of the perception of the process of recharging groundwater, solidarity relations and the ethics of the community with respect to water; the third was the evaluation of the technical efficiency of 12 recharge works in operation by hydrogeological tests; and the fourth, the integration of the elements of the Proposal of the Action Plan. Results found in the first stage indicate that the territory of SACV has experienced physical and social changes, which at first impacted on the availability of water negatively, and later, with the construction of the recharge works the levels of groundwater were partially recovered. The results in the second stage showed that the community's perception of water and recharge works is very high. Groundwater is the main water source for the users and they admit multiple benefits that the artificial recharge works entail, mainly the reactivation of agriculture. However, there are practices identified by the inhabitants that risk the sustainability of groundwater. Ethical elements of water were also identified and described, and corresponded to the following principles: water equity, ecosystem requirements, and a healthy environment, neighborhood, frugality, multiple and beneficial uses of water, quantity and quality measures, compensation and payment, and participation. The efficiency results of the 12 artificial recharge works indicate that they mostly work well for the purpose they were built. The values of the infiltration capacity of the dragged material were lower than the results of the recharge works. This material consists of fine elements that, after some time, hinders the flow of water and the recharge capacity. Therefore, it is necessary to carry out the maintenance of the works to ensure its efficiency and extend its useful life. There is no continuous maintenance of all the recharge works and the implementation of a formal maintenance program is needed. In the fourth stage, the Proposal of the Action Plan was integrated which was validated in the community. The Plan shows the current situation of the use and management of water and of recharge works, the objectives, and actions to reduce the impacts on the wellbeing of the population and the ecosystem, as well as the possible persons responsible for carrying out the management or fulfillment of those actions.

Key words: social valuation, organization, water ethics, community strategies.

I INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas son un elemento esencial del ciclo hidrológico, un valioso recurso natural que constituye una de las principales fuentes de agua para la agricultura, para usos domésticos e industriales en todo el mundo, y son el soporte de varias funciones y servicios ecológicos (UNESCO, 2015). En México, el 70% del agua que se suministra en la agricultura, industria y ciudades proviene del subsuelo, el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento, y a veces es la única (Hatch, 2011; Díaz, Bravo, Alatorre y Sánchez, 2013; Carillo, 2014), por ello, existe una presión social sobre los acuíferos en distintas zonas del país.

Para revertir el aprovechamiento intensivo de los acuíferos y cuencas de México, por una parte, el Gobierno Federal ha dispuesto diversos ordenamientos: vedas, reglamentos, reservas y rescates, que restringen la extracción de agua subterránea. Por el otro lado, una de las estrategias para hacer el manejo del recurso más sustentable, aunada a la reducción en la extracción, consiste en implementar la recarga subterránea, ya sea de manera natural y/o artificial, con agua de lluvia o aguas grises tratadas (Arreguín, 2011).

Por otro lado, las comunidades tienen formas propias para enfrentarse a situaciones de escasez o abasto de agua, así como en el uso y manejo del agua, mediante la organización y administración local, aportación de recursos propios, seguimiento y apropiación del agua y del sistema hidráulico, es decir, por medio de una gestión comunitaria (Galindo, Palerm, Tovar y Rodarte, 2008; Sandoval y Günther, 2015).

Así, ante la necesidad del agua, algunas comunidades y organizaciones del país han buscado alternativas para abastecerse, a través del manejo autónomo de recursos, diseño y desarrollo de mecanismos sociales y técnicos, estos procesos han demostrado que son eficientes (Sandoval y Günther, 2015).

En los Valles Centrales de Oaxaca, el agua subterránea suministra alrededor de 40% de la demanda agrícola, además de abastecer el uso urbano y el industrial (Chávez y Binnqüist, 2011), y es una de las regiones importantes del estado por la densidad de población que alberga y las actividades económicas que se desarrollan. En años anteriores del siglo actual,

y a la fecha, la zona ha manifestado problemas económicos, ambientales y sociales en diferentes grados, asociados al aprovechamiento intensivo del agua subterránea (López, 2011; Ramón, 2015; Orozco y Martínez, 2017; Topete, 2017; Robles, 2018).

La extracción desmedida del agua asociada al cambio de regímenes pluviométricos generó descenso de los niveles estáticos e incremento en los costos por el bombeo. Estos hechos han generado descontento en los usuarios del agua y problemas sociales en la región como: la pérdida de interés en la agricultura, baja rentabilidad y merma de inversiones económicas, abandono del campo, desempleo y migración (Hernández, 2002).

En el Valle de Ocotlán, frente a la escasez del agua que agudizó alrededor del año 2000, las comunidades se organizaron para emprender acciones de recuperación de los mantos freáticos, a través de la construcción de diferentes sistemas de captación pluvial, entre ellos los pozos de absorción. En época de lluvia, desvían el escurrimiento pluvial para que se conduzca a los pozos, donde se filtra hacia el subsuelo, con ello se garantiza la recarga de los acuíferos (Comité de Agua de San Antonino Castillo Velasco, comunicación personal, octubre 2016).

Las comunidades del Valle de Ocotlán llegaron a construir más de 200 obras, en el período 2005-2016, para infiltrar el agua de lluvia a los mantos acuíferos (Caravantes, P., comunicación personal, marzo 2017). Estas construcciones fueron hechas de forma empírica, por lo cual existía un desconocimiento de la eficiencia de los pozos de absorción, su funcionamiento, así como la incertidumbre para construir nuevas estructuras en sitios competentes para recarga.

Aun cuando existen trabajos previos relacionados con los recursos hídricos en la región de los Valles Centrales que abordan aspectos técnicos acerca del agua subterránea, no se encontraron estudios con objetivos similares a los propuestos en este trabajo, tampoco existen referencias que integren aspectos sociales en la gestión de las obras de recarga. Por otra parte, la gestión comunitaria en este tipo de trabajo es escasa, son contadas las comunidades que asumen una responsabilidad con el medioambiente, y que destinan

recursos económicos, mano de obra y tiempo para mantener los niveles freáticos del acuífero de forma sustentable.

De lo anterior, surgió el planteamiento de trabajo para evaluar la eficiencia de las obras de recarga artificial, valorar la percepción de los usuarios en San Antonino Castillo Velasco, así como identificar los principios éticos que originaron la construcción de las obras, para finalmente integrar una Propuesta de un Plan de Acción bajo el enfoque Hidrosolidario, que contribuya a la gestión local del acuífero de forma sustentable.

II ANTECEDENTES

Enfoques sociales en el tema agua

A nivel internacional existe una diversidad de trabajos en el tema de agua con enfoque social, entre los más importantes se mencionan:

El concepto de Hidrosolidaridad para la gestión del agua derivado de los trabajos de Falkenmark y sus colegas a finales de los noventas, tuvieron influencias en las tendencias y paradigmas que surgieron en los años 1970 y 1980 (Gerlak, Varady, Petit y Haverland, 2011).

Falkenmark sugirió que el enfoque Hidrosolidaridad puede servir como medio para que la participación pública sea una prioridad y lograr una mayor información, a través de las estructuras organizativas en la gestión del agua. En parte, el concepto fue una respuesta a un término anterior con un sentido opuesto, “hidroegoísmo”, que representaba la opinión de que el principal motor de los procesos de asignación de agua y uso, es dado por los diferentes grupos de interés, previsiblemente en competencia. Por el contrario, la Hidrosolidaridad está dirigida a promover una nueva conciencia social y de menor confrontación de ideales para el siglo XXI (Gerlak, Varady y Haverland, 2009).

Falkenmark y Folke (2002) plantean a la Hidrosolidaridad como la conciliación de conflictos de intereses en el contexto de agua, con un equilibrio basado en la solidaridad de las necesidades de los grupos sociales, que deben lograrse contra las consecuencias inevitables del medio ambiente.

En esta línea de los principios de la Hidrosolidaridad, Sandoval, García, Pablos y Pelayo (2018) en el estudio “Protección de ríos, lagos y acuíferos desde la perspectiva de los derechos humanos”, evaluaron las implicaciones de la contaminación y sobreexplotación de las aguas continentales superficiales y subterráneas, respecto al goce y disfrute de los derechos humanos. Las proposiciones se guían bajo la idea de “el agua vista como un patrimonio colectivo implica no vulnerar los derechos humanos a todos los habitantes y tener la responsabilidad de su manejo sustentable” (Sandoval et al., 2018, p. 14). Las premisas que mencionan son: a) el agua es un elemento esencial para la vida, indispensable en los ecosistemas y en las actividades humanas; b) un elemento necesario para garantizar

el derecho a la alimentación, reconociendo el aporte o cantidad empleada en el uso agrícola; c) en los ecosistemas es poco valorada, en las políticas de Estado estimulan las necesidades socioeconómicas por encima de las ambientales, las zonas de recarga son afectadas por los cambios de uso de suelo y la reducción de la cobertura vegetal primaria, no se tiene en cuenta que el agua y los cuerpos de agua son elementos de la naturaleza y contribuyen a establecer las características de los climas, moldean el paisaje, alimentan la vida que de ellos depende, entre otros.

Algunos de los trabajos sobre percepción del agua se exponen en las siguientes líneas. Ramajo y del Saz (2010) cuantificaron los beneficios ambientales percibidos por la población, en una demarcación hidrográfica de Guadiana, España, como consecuencia de la mejora del estado de las aguas y valoraron la percepción de los usuarios sobre diversos aspectos ambientales e hídricos. Machaca et al. (2014) sistematizaron experiencias de comunidades indígenas de Perú en proyectos de siembra y cosecha de agua de lluvia, reportaron diversos beneficios de tales sistemas como: el aumento de las aguas subterráneas, mejora de la producción y la economía familiar, disminución de la migración, etc. Las autoras resaltan los beneficios de índole social, principalmente el fortalecimiento de la organización social a través del trabajo colectivo, que se lleva a cabo en el mantenimiento de diferentes infraestructuras y replicación de las prácticas en la comunidad, aunada a la conformación de Comités de las obras.

En México, los trabajos en temas de agua con perspectiva social, también son diversos, a continuación se mencionan alguno de ellos sobre percepción, organización y gestión comunitaria.

Uno de los trabajos pioneros en estudios de percepciones ambientales en México es el de Arizpe, Paz y Velásquez (1993), las autoras analizan la deforestación de la Selva Lacandona, Chiapas, enfocándose en cómo los distintos grupos locales perciben dicho problema y sus implicaciones. Señalan la influencia de lo cultural sobre la percepción misma, “a partir de un problema se va generando un proceso social de percepción, conocimiento y comprensión, que se va construyendo a partir de los intercambios sociales de información, conflicto o alianza con otros individuos y grupos sociales” (p. 14).

Villegas (2010) estudió la organización social para el uso y manejo de pozos de agua potable en comunidades rurales de Texcoco, Estado de México. Encontró que existe una reglamentación interna alrededor de los sistemas de abasto del agua potable, las tareas son realizadas por comités comunitarios de agua potable y la presencia de actores del Estado es casi nula. El abatimiento de los acuíferos es una de las amenazas observadas para los sistemas de abasto de agua en estas comunidades.

Sandoval (2011) en su trabajo sobre el manejo comunitario del agua en la Ciénega de Chapala, Michoacán, señala que los habitantes de esta zona gestionaron con recursos propios y con aportes del gobierno la instalación de obras hidráulicas, ante la necesidad de tener agua para uso doméstico. En lo que respecta a la valoración cultural y económica del agua según la autora, la primera se expresa en el significado hacia el agua para la vida, en las concepciones tácitas y explícitas junto con el conjunto de reglas y normas en su manejo; y la segunda valoración, no es necesariamente monetario, sino de utilidad del agua para satisfacer las necesidades de los miembros en el desarrollo de sus actividades.

Nava (2015) en su trabajo sobre la *Percepción, conocimiento local y descripción de la calidad del agua de cenotes de interés turístico y recreacional en la Península de Yucatán, México*, señala que el conocimiento de los administradores de los cenotes se relaciona con nociones, ideas, tales como los cambios en los niveles del agua, y que la construcción del conocimiento sobre el entorno natural (la hidrogeología de los cenotes) se pudieron haber dado con la observación y el empirismo por parte de los administradores. La autora añade que las características físicas de los acuíferos presentan propiedades que son difíciles de observar de manera directa y no facilitan realizar un análisis empírico, por lo que la observación y la obtención del conocimiento hidrogeológico se tornan complejos.

Gestión sostenible de las aguas subterráneas y recarga de acuíferos

La gestión sostenible de los acuíferos, entendida como la forma de hacer compatible el uso de las aguas subterráneas y la conservación de los ecosistemas relacionados con ellas, es compleja y requiere alternativas que haga factible estos aspectos. Así también, López, Loredó, Fernández y Llera (2008) señalan que “la sostenibilidad de las aguas subterráneas

presenta muchos aspectos que la hacen compleja, cada situación es única y requiere un análisis según la naturaleza de sus circunstancias hidrológicas, ambientales, económicas, sociales y legales” (p. 615).

Con la alta demanda de agua para los diferentes usos, es indispensable la búsqueda e implementación de medidas eficientes para alcanzar la sustentabilidad del agua. Algunas de las estrategias que proponen los siguientes autores son: disminuir las descargas del acuífero, cambiar la distribución temporal y/o espacial de los bombeos de aguas subterráneas, incrementar la recarga del acuífero y modificar el programa de bombeo para diferentes escalas de tiempo (Gutiérrez, Reyes, Alarcón y Nuñez, 2016).

En el caso de la recarga artificial, los trabajos que se han realizado en diferentes lugares y en el país son evidencias del interés para evitar descensos del nivel freático y mantener condiciones de un aprovechamiento racional del agua. En los siguientes párrafos se presentan algunos de estos estudios.

Recarga artificial de acuíferos

Según Fernández y García (2009) esta actividad se ha constituido como una herramienta de gestión hídrica, de gran efectividad con respecto a las grandes obras hidráulicas, y es una práctica importante en varios países del mundo, su implementación y trayectoria en diversos lugares confirma su utilidad.

De acuerdo al inventario global, el primer proyecto de recarga artificial fue implementado a principios del siglo XIX, reportado en el Reino Unido. Posteriormente a principios del siglo XX se aplicó en América del Norte (Estados Unidos) y a partir de la mitad del siglo XX, las técnicas de recarga artificial se expanden en el mundo. De este inventario fueron identificados cuatro usos principales: agricultura, doméstico, ecológico e industrial. En cuanto al uso final del agua de recarga por continente, es dominante el doméstico en África, América del Norte, Europa y Australia, mientras que en Asia y América del Sur destaca el agrícola. En cuanto al manejo de la recarga de acuíferos en América Latina, hay 139 casos y representan más del 10 % del total del inventario global del manejo de recarga de acuíferos (Bonilla y Stefan, 2017).

En México, se han realizado trabajos sobre la recarga de acuíferos, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua implementó en los años 1991 y 2000, dos proyectos de recarga controlada, mediante embalses de infiltración construidos sobre el cauce del río Nazas en la Región Lagunera en la parte central del norte de México. Los resultados demostraron la factibilidad técnica del proyecto y los sitios fueron adecuados, por las características hidrogeológicas, áreas libres, y la infraestructura hidráulica necesaria para el manejo y conducción del agua a los embalses de infiltración (Gutiérrez y Ortiz, 2017).

En los Ojos del Chuvíscar, Chihuahua, en el año 2004 se implementó un proyecto piloto de manejo de la recarga del agua subterránea, el sistema consiste en un muro filtrante (muro-gavión) sobre el lecho del río Chuvíscar. Después de la construcción de la obra de recarga e inicio de la operación del sistema, obtuvieron beneficios, disminuyó el caudal promedio y volumen de extracción de los pozos de extracción aledaños, y el sistema funciona desde el 2004 a la fecha (Silva, González, Pinales, y Villalobos, 2017).

González y Juárez (2017) realizaron la evaluación de la factibilidad para recargar el acuífero Cuautitlán-Pachuca en la zona de El Caracol, Estado de México, a través de la implementación de un proyecto piloto que consistió de un sistema de recarga artificial construido con dos pozos de recarga, y cuatro pozos de monitoreo. Determinaron la capacidad de infiltración ante diversas cargas hidráulicas y concluyeron que se pueden recargar los pozos piloto.

Otro ejemplo de las acciones sobre recarga de acuíferos se llevó a cabo en la comunidad de Santa Cruz Papalutla, Oaxaca, Aragón, Morales y Caballero (2006) construyeron un sistema de recarga, una presa subterránea y canales de infiltración, adecuado a las características propias del subsuelo, así como del régimen de flujo del arroyo Grande, para mejorar la recarga natural del lugar. En épocas de lluvia el sistema, además de recolectar el agua superficial que transita en el cauce, retiene el flujo subsuperficial que contribuye al proceso de recarga.

Los casos anteriores evidenciaron que la recarga artificial es factible y es una alternativa en México para mantener el equilibrio entre la extracción y recarga del agua subterránea, de

este modo las personas pueden seguir utilizándola sin poner en riesgo su disponibilidad, y el funcionamiento de los ecosistemas.

III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la comunidad de San Antonino Castillo Velasco, Oaxaca, México, la única fuente de abastecimiento de agua es subterránea, ya que la superficial es escasa y está visiblemente contaminada, sin embargo, no cuentan con bases técnicas y sociales que les permita administrar el agua en un plan de manejo sustentable.

Por otro lado, las políticas públicas no promueven o fortalecen las acciones de recarga artificial a nivel comunitario, por ejemplo, no existe una normatividad que comprometa a los usuarios de las aguas subterráneas a retornar volúmenes de agua utilizada. Las entidades obligadas a participar con las comunidades, como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Comisión Estatal de Aguas, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, entre otras, funcionan como instituciones supervisoras más que de acompañamiento.

La comunidad de SACV en general expresa que, históricamente los adultos mayores han valorado y cuidado mejor el agua, en ellos existe una cultura del agua más sólida que en los adultos jóvenes, por lo cual, paulatinamente se debilitan o pierden los valores, así como en el trabajo colectivo y de responsabilidad, para proteger y conservar el agua como un bien común.

Como consecuencia de un shock social a mediados de los años 2000-2005, esta comunidad ha trabajado en la construcción de obras de recarga artificial, sin embargo, existe una participación sectorizada de la población, principalmente los agricultores son quienes realizan las actividades para mejorar el proceso de recarga, si bien las obras construidas fueron implementadas para fines agrícolas, el beneficio ha sido compartido por otros sectores, por el constante movimiento del agua subterránea. La falta de interés o exclusión de otros sectores (comerciantes, servicios, entre otros) no ha facilitado una gestión integral del agua subterránea en la comunidad.

Aunque la población ha trabajado de manera parcialmente organizada para la construcción de las obras de recarga, la organización de los Comités de Agua no es valorada y aprovechada para reforzar la apropiación en la gestión del agua.

Los responsables de las obras no reciben asesoría y capacitación técnica para la ubicación, construcción y mantenimiento de éstas. Por ello existe una deficiencia en su ubicación y un desconocimiento en los beneficios del mantenimiento, existe en su mayoría de las obras acumulación de sedimentos que reducen su vida útil. También desconocen otros tipos de sistemas de recarga más apropiados pueden implementar para la región, esto origina que aun cuando existe una buena voluntad en beneficio del agua, los recursos humanos y económicos empleados no se traducen en una eficiente aplicación por el desconocimiento. Los logros comunitarios con respecto a las aguas subterráneas han sido validados, al mantener los niveles freáticos anuales de forma constante. De lo anteriormente mencionado, la falta de evaluación técnica de la eficiencia de las obras, de valoración de la percepción comunitaria y ética del agua, y de la integración de una Propuesta de Plan de Acción, fueron abordados en el presente estudio.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la gestión de la recarga hídrica en San Antonino Castillo Velasco, Oaxaca, México, a partir de la valoración de las acciones de recarga artificial, ética del agua de los usuarios, y la evaluación de la eficiencia de las obras de recarga artificial, para integrar una Propuesta de un Plan de Acción bajo el enfoque Hidrosolidario.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Valorar la percepción comunitaria y ética del agua, las obras de recarga artificial, así como las relaciones hidrosolidarias, a través de técnicas cualitativas, para identificar los aspectos en la toma de decisiones en la gestión de la recarga hídrica.
- Evaluar la eficiencia técnica de las obras de recarga mediante pruebas hidrogeológicas, como herramienta para el manejo Hidrosolidario del recurso.
- Integrar una Propuesta del Plan de Acción que facilite la gestión de la recarga hídrica en la población bajo el enfoque Hidrosolidario.

JUSTIFICACIÓN

El municipio de San Antonino Castillo Velasco, Ocotlán, no tiene un plan local sobre el uso y manejo de los recursos hídricos subterráneos. La contribución que se realiza con este trabajo es generar una Propuesta de Plan de Acción participativo, para lograr una mejora en la eficiencia de las obras de recarga, en la disponibilidad del agua subterránea, y de fortalecimiento en la ética del agua.

Con este trabajo se buscó valorar las acciones de las personas de la comunidad de San Antonino Castillo en la construcción de las obras de recarga, identificar los principios éticos que dan una mayor fortaleza a la comunidad y que han logrado conducir acciones en beneficio de un acercamiento a la gestión sustentable de las aguas subterráneas.

En la comunidad no existían estudios acerca de los procesos sociales, las acciones, la participación y organización local para la recarga del agua subterránea, desde la percepción de los actores sociales hacia el agua, así como los beneficios y necesidades que se presentan con la implementación de estas obras. Esta identificación de los procesos condujo a un mejor entendimiento del manejo y gestión local del agua, a la vez facilitó la realización de la Propuesta del Plan de Acción.

Para lograr lo anterior, se aplicó el paradigma de la Hidrosolidaridad, la cual implicó reconocer los niveles de ética de los ciudadanos con su interacción con el agua con el fin de asegurar la coexistencia (Falkenmark y Folke, 2002).

Por otra parte, en la zona de estudio no existía una evaluación técnica de los pozos de absorción, con este trabajo se conoció el funcionamiento de 12 obras de recarga, y se buscó identificar elementos clave que permitieran mejorar estos sistemas para lograr una mayor vida útil. También se consideró la heterogeneidad geográfica, específicamente las características de la zona no saturada, se discretizaron las zonas más viables para la construcción de obras de recarga con mayor confiabilidad.

De forma elemental se observó cómo la organización de los Comités de Agua y pobladores fomentan la implementación de un mayor número de obras de infiltración para garantizar la disponibilidad del agua para uso agrícola. El proyecto se apoyó en el interés de los

usuarios, para promover acciones más organizadas y solidarias que mejoren las condiciones actuales y generen conocimiento para posteriores gestiones de diferente índole.

La importancia metodológica del estudio radicó en que los elementos técnicos y sociales para el manejo de las obras de recarga son de índole medular para replicar las acciones en otros sitios. Además, los resultados derivados de este trabajo se aprovecharán a corto plazo, ya que la comunidad tiene intenciones de ampliar el número de obras.

IV MARCO TEÓRICO

4.1 EL AGUA EN LAS COMUNIDADES

La cultura del agua se manifiesta en la relación de los hombres con la naturaleza, así como en la forma de resolver los conflictos generados por ella; es un proceso amplio y dinámico que incluye la participación de todos los actores involucrados en el ciclo hidrológico (González, 2015).

El concepto de cultura del agua, construida a partir de la revisión de expertos en el tema y adoptada por CONAGUA es el siguiente: “Proceso continuo de construcción, actualización y transformación de valores, creencias, percepciones, conocimientos, tradiciones, aptitudes, actitudes y conductas en relación al agua de forma, individual y colectiva en la vida cotidiana” (Perevochtchikova, 2012, p. 63).

Una vertiente teórica considera que es necesario rescatar y conocer cómo la gente está interactuando con el agua, qué problemas tiene, cómo los percibe, qué soluciones está dando; con la idea de quién conoce la problemática y es quien también propone cómo resolverla, a partir de lo que sabe, de sus experiencias, por ello es importante reflexionar y tratar de apuntar hacia la resolución conjunta (Leyva, 2015).

De la definición de cultura del agua, en este trabajo se aborda de manera teórica las percepciones, actitudes y conductas relacionadas con la comunidad en torno al agua, estableciendo de forma metódica estos constructos con la finalidad de permitir a la población evidenciar su esfuerzo y mostrar la importancia de este quehacer y responsabilidad hacia el agua subterránea, que en un tiempo próximo se pueda convertir en una normativa de la localidad.

4.2 EL AGUA UN BIEN COMÚN

El agua dulce de la tierra es vista en conflicto y tiene narrativas antagónicas, por una parte, los que consideran el agua como un bien común y proponen que haya agua para toda la naturaleza y para todos los seres humanos. Un movimiento mundial de organizaciones de

base, integrado por comunidades locales, pobres, habitantes de asentamientos precarios, entre otros que trabajan en conjunto con ambientalistas, activistas de derechos humanos y expertos del agua (Barlow, 2008). El agua es percibida como un recurso que pertenece de manera colectiva a un grupo, comunidad o sociedad y por lo tanto, su acceso es libre, pero requiere de reglas y acuerdos (Pinilla, Barrera y McCall, 2011).

Del otro lado están los que ven el agua como una mercancía que se compra y se vende en el mercado, y no como parte de los ámbitos comunes¹ mundiales ni como un bien público. Tales como los tomadores de decisiones, los líderes de algunas potencias, las instituciones comerciales, financieras internacionales y las empresas transnacionales (Barlow, 2008).

La autora anterior también indica que una característica que define el agua como ámbito común es que su asignación sustentable y equitativa depende de la cooperación entre los miembros de la comunidad. Como bien común, es administrada con solidaridad y plena participación democrática.

Existen argumentos porque reivindicar el control comunitario sobre las fuentes de agua, una de ellas es que el agua implica dimensiones culturales y espirituales especiales, que son de carácter local, y es un recurso local en movimiento.

4.3 ENFOQUE HIDROSOLIDARIO

La hidróloga Malin Falkenmark y sus colaboradores comenzaron a promover la integración de la ética y los derechos humanos a una ya larga lista de variables técnicas que influyen en la gestión de agua. El término *Hidrosolidaridad* emergió a finales de 1990, en respuesta a la insatisfacción de las prácticas de gestión del agua, hidroegoísmo²(Gerlak et al., 2009; Gerlak et al., 2011; Harrington, 2015).

¹ Los ámbitos comunes (bienes comunes) son todo aquello que se encuentra fuera del mercado económico y la institucionalidad del Estado, y que es utilizado por nosotros sin pagar ningún canon o precio (Barlow, 2008).

² El hidroegoísmo se refiere al control del agua basado en el poder, la posición de la cuenca del río y potencial para explotar el agua (Gerlak et al., 2009).

En la gestión de los recursos hídricos, la Hidrosolidaridad va más allá del enfoque actual orientado a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos³. Describe un enfoque más integrado, se basa en gran medida en la participación y la coordinación entre los actores de la comunidad, organismos de gestión local, estatal, así como los gobiernos nacionales, relacionadas con el agua. Su objetivo fundamental es la gestión cooperativa y unificada de los recursos hídricos compartidos, ya sea a nivel nacional o internacional, para lograr una distribución equitativa de los mismos, la minimización de los impactos negativos sobre los seres humanos y el medio ambiente (Gerlak et al., 2011).

Siendo entonces este enfoque que toma conceptos coincidentes con la postura del agua como un bien común, en donde se contempla un ente coordinador con prácticas de amplia cooperación, solidaridad, participación, resolución de conflictos atendiendo a principios morales de los actores sociales con el objetivo de realizar una gestión efectiva del agua.

La noción de Hidrosolidaridad ha influido en los enfoques internacionales de la investigación ambiental y la formulación de la política del agua, en la primera década del siglo XXI. Se ha aplicado por un conjunto de especialistas y profesionales para fomentar los conceptos que lo caracterizan. A manera de ejemplo, ha tenido aplicaciones en las acciones del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas de la UNESCO (Harrington, 2015).

4.3.1 AGUA Y ÉTICA

La preocupación por el tema de las relaciones del ser humano con la naturaleza, por la crisis ecológica ha ido casi constante, y actualmente hay un consenso general de que esa crisis es un problema ético. El tema de la ética del agua se está discutiendo cada vez más en las políticas y prácticas de gestión de los recursos hídricos (Llamas, 2008; Murillo, 2015). El rol de la ética es proporcionar asistencia operativa y conceptualización de las diferentes perspectivas al tiempo que ayuda a mantener un enfoque, ya sea en la acción, las

³ Se define como la gestión coordinada del agua, la tierra y los recursos relacionados, surgió en la década de 1990, ha sido presentada como un medio operativo para lograr políticas sostenibles de agua, para alcanzar los objetivos de desarrollo del Milenio en el sector agua (Gerlak et al., 2011).

consecuencias o los motivos, que examinan los conceptos de derechos y deberes o los efectos y resultados.

La ética del agua se basa en el reconocimiento del agua como fuente y requisito para la vida, en la apreciación del papel del agua en los sistemas geomorfológicos, hidrológicos y biológicos. Es una herramienta práctica, que proporciona un marco para evaluar y colocar las posibles consecuencias de una acción (Armstrong, 2009).

La transformación de la ética humana del agua tiene el potencial de ser mucho más eficaz, más barato y aceptable que algunos medios existentes de “regulación”, esto se ha registrado en el sinnúmero de campañas para el ahorro del agua, sin embargo, la transformación de la ética personal y social necesita tiempo debido a los cambios en los valores éticos son lentos.

4.3.2 PRINCIPIOS ÉTICOS DEL AGUA

Como ya se mencionó en los párrafos anteriores, la relación hombre-naturaleza es un proceso complejo, dinámico y en ésta se originan conflictos. En el caso del agua, al conjunto de elementos que caracterizan esta relación es concebida en su contexto como cultura del agua (Perevochtchikova, 2012). También se indicó que para lograr el equilibrio basado en el bienestar humano y el medio ambiente, la ética y los derechos humanos fueron integrados en la gestión del agua a través del concepto de Hidrosolidaridad (Falkenmark y Folke, 2002). En síntesis, la ética del agua juega un papel muy importante en los años recientes en la gestión del agua, ha sido reconocida y adoptada por organismos internacionales como la UNESCO, quien la incorporó como guía en este proceso a través de sus principios éticos propuestos.

A partir de la reflexión sobre la ética medioambiental y de la Declaración Universal de Bioética y Derechos Humanos, y en la necesidad de que la gestión del agua en el siglo XXI debería basarse más en principios éticos, el grupo de trabajo de la UNESCO sobre la ética de los usos del agua desarrollaron principios éticos del agua (Selborne, 2001; Llamas, 2008 y Liu et al., 2012). Estos se resumen en: dignidad humana, participación, solidaridad,

igualdad humana, bien común, administración, transparencia y acceso universal a la información, inclusión, y empoderamiento.

Los principios abordan la necesidad de contribuir al debate sobre el recurso agua, identifican preocupaciones fundamentales, y buscan modos de ubicar a las personas en el centro de una visión del mundo complejo. El énfasis se centra en las nociones de solidaridad, justicia social, equidad, el agua como un bien común y de la gestión ecológica (Selborne, 2001).

Estos principios buscan una caracterización moral de la comunidad, con el fin de evidenciar si realmente la ética de la población con respecto al agua está fortalecida, e identificar que principios son débiles para proponer acciones de fortalecimiento. De los 12 principios que Liu et al. (2011) propone, nueve se describen para este trabajo porque se adecuan al contexto de la comunidad de estudio.

Principio de la dignidad humana y los derechos humanos

Se fundamenta en la Declaración Universal de los Derechos Humanos y en la Declaración Universal de Bioética y Derechos Humanos (Selborne, 2001). Es la noción de que los seres humanos tienen derecho al agua potable limpia, agua para su alimentación, salud y desarrollo (Armstrong, 2009). La ONU señala que los factores que se deben aplicar para ejercer este derecho son: disponibilidad, calidad, accesibilidad física, accesibilidad económica, no discriminación, y acceso a la información.

Principio de equidad en la disponibilidad y aplicabilidad de agua

La equidad es un problema ético significativo en todos los niveles, desde la comunidad local a la escala mundial. Este principio expresa que una persona no puede tener acceso a la mayor cantidad de agua en perjuicio de otros. La igualdad del derecho de agua representa que todos tienen el derecho de tener la misma cantidad básica de agua (Liu, et al., 2012). La disponibilidad significa que cada persona debe recibir la cantidad de agua suficiente y sin cortes para el uso personal y doméstico (Domínguez y Flores, 2016).

Requisitos de los ecosistemas y un medio ambiente sano

El agua es un recurso vital para el ser humano, pero además es también una parte esencial del ambiente, en el que se producen funciones y servicios ecológicos que también son esenciales para la el ser humano (Custodio, 2017). Debe prestarse la atención a la interconexión entre los seres humanos y otras formas de vida, y al papel de las personas en la protección del medio ambiente, la biosfera y biodiversidad. Los seres humanos tienen una dependencia biológica hacia el agua, son parte de la naturaleza, no están aislados, por lo que también deben hacer consideraciones para el lado de esta.

La naturaleza y los ecosistemas tienen derecho a existir, evolucionar y desarrollarse por su propio curso de forma constante y sin problemas desde el nivel actual hasta el nivel futuro. Este derecho llamado derecho ecológico o derecho natural, ayudaría a disminuir los desastres de la naturaleza y de los seres humanos, porque algunos ecosistemas han sido degradados debido a la desviación de agua para las necesidades humanas. Tanto las personas y los ecosistemas tienen derechos al agua, son puntos de partida para las consideraciones éticas (Armstrong, 2009; Falkenmark y Folke, 2002).

Uno de los objetivos fundamentales de la ética del agua es mantener su capacidad de sostener ecológicamente el recurso agua, el ambiente natural tiene derecho al agua. Los valores medioambientales deben ser un elemento fundamental en el proceso decisorio sobre los recursos de agua y la salud ecológica, vista como un factor vital de la producción (Llamas, 2008).

Principio de vecindad

Debido a la distribución desigual del agua dulce, tanto espacial como temporalmente, su acceso físico constituye un desafío. El principio establece que cuando hay una necesidad de agua, la primera opción son los recursos hídricos próximos (Liu, et al., 2012). Las personas que viven más cerca del recurso tienen la prioridad en el uso, que aquellos que viven más lejos (Barlow, 2006).

El derecho al agua lleva consigo también la obligación de que se haga de forma compatible con el buen estado del medio ambiente en el que los seres humanos viven y obtienen alimentos y bienestar (Custodio, 2017). Estos seres humanos a considerar, no sólo son los del entorno, sino otros más alejados a los que les llegarán los efectos de las acciones, no sólo al mismo tiempo o poco después sino también con notable retraso.

Es más una responsabilidad que un derecho, así las personas que vive más cerca del agua tienen una mayor comodidad de usarlo que otros que viven más lejos, y una mayor obligación de evitar la contaminación y destrucción del flujo natural (Liu, et al., 2012).

Principio de frugalidad

Las personas que viven cerca de las fuentes de agua solo deben de usar la cantidad necesaria para satisfacer sus necesidades vitales básicas, y para mantener el ecosistema local sano. Así el agua que no se utiliza puede ser empleado para otras comunidades que carecen de ella, y también debe mantenerse para las futuras generaciones (Custodio, 2017; Liu et al., 2012).

En este primer señalamiento, Barlow (2006) comenta que el agua debe ser conservada para todos los tiempos, que cada generación debe asegurar que sus actividades no generen disminución de la cantidad y calidad del agua, sobre todo, los habitantes de los países con buena disponibilidad hídrica deben modificar sus hábitos de consumo, para que en los tiempos de escasez puedan compartir el agua a otros. En el segundo punto, señala que puede haber una obligación de compartir el agua en tiempos de crisis, pero no es una solución recomendable a largo plazo, que los ecosistemas o los habitantes de ninguna región del mundo empiecen a depender de los abastecimientos extranjeros. Ya que el hecho de importar agua podría crear una relación de dependencia que no es acertada para ninguna de las partes, además, la extracción y desvío de las aguas a gran escala afecta a los ecosistemas y poblaciones humanas de donde es obtenido el líquido. Sugiere que ante la crisis las personas necesitan aprender a conocer la naturaleza de los límites del agua y a convivir con ellos, y buscar otras alternativas locales para satisfacer las necesidades.

Principio de uso múltiple y benéfico del agua

Este principio debe aplicarse junto con los de frugalidad y vecindad (Liu et al., 2012), y considera que no existen privilegios en el uso del agua, excepto la dependencia biológica humana y los ecosistemas hacia el agua, todos los demás se consideran iguales. Sobre esta base, los criterios de evaluación de su uso benéfico deberían ser los múltiples usos en diferentes sectores. La condición del mayor empleo del agua debería ser considerada el criterio del uso benéfico. Por ejemplo, es benéfico construir una hidroeléctrica con múltiples usos, que sea compatible con el riego, la generación de electricidad, la acuicultura, en lugar de un propósito específico. Sin embargo, este principio no implica ningún favor hacia una mayoría si hay un conflicto entre los usos importantes del agua, las minorías no pueden ser excluidas cuando se considera el agua para las necesidades humanas vitales.

Principio de aplicación obligatoria de medidas de cantidad y calidad

El ejercicio del derecho humano al agua debe ir acompañado del cumplimiento de obligaciones, tanto de los individuos como de la sociedad. Estas obligaciones incluyen la vigilancia de que el recurso mantenga la cantidad y la calidad (Custodio, 2017). La evaluación cuantitativa y cualitativa de los recursos hídricos requiere que los suministros y la asignación sea tomada como una tarea científica y ética. Los datos precisos, confiables y actualizados sobre los cuerpos de agua permitirían controlar el estado de vigilancia de todos los cuerpos de agua para definir la política estratégica a largo plazo o mantener el estado deseado del agua (Liu et al., 2012).

El estado cuantitativo de las aguas subterráneas puede tener un impacto en la calidad ecológica de las aguas superficiales y ecosistemas terrestres asociados con dicha masa de agua. La clave para mantener estas fuentes de forma sostenible reside en asegurar que el ritmo de extracción no supere el tiempo que necesita para recargarse. Por lo tanto, el monitoreo y control de la cantidad de agua es importante para asegurar este equilibrio, así también es necesario la evaluación de su calidad (Barlow, 2006). Las medidas, normas e indicadores deben implementarse para proteger la salud humana y de los ecosistemas

terrestres (Selborne, 2001). En el país existe una amplia normatividad ambiental, sin embargo, no se aplica por diferentes factores económicos, técnicos, administrativos.

Principio de compensación y pago

Los usuarios de los recursos de otras regiones, deben de compensar a aquellas personas cuyos niveles de vida se han degradado debido a la transferencia de recursos fuera de ellos. El usuario paga es un principio importante en la ética del agua, cuando el agua se desplaza de una propiedad común o bien a un recurso privado. Los seres humanos como usuarios de la naturaleza deberían pagar una tarifa por el uso de los recursos naturales según corresponda, porque es un recurso limitado y no pertenece a nadie en particular, sino a la nación, el Estado, la comunidad internacional y así sucesivamente, según el caso. Si alguien está usando los recursos de otra localidad, debe pagar una compensación a las personas de esa región (Selborne, 2001; UNESCO, 2003).

Cirelli (1997) señala que existen dos cuestiones en torno a los procesos de transferencia de agua: a) las problemáticas de la planificación, la administración y el análisis de costos y beneficios económicos, y b) los aspectos jurídicos asociados al transvase, así la transferencia de los derechos de agua de un usuario a otro, cambios en el uso del recurso y las indemnizaciones a las poblaciones afectadas son asuntos relacionados con esta actividad. Los efectos que los procesos de transvase originan, tienen en algunas legislaciones, su amparo legal en la figura jurídica de las indemnizaciones, para compensar y proteger los derechos de las poblaciones afectadas por la construcción de los sistemas.

Para los efectos de una utilización sostenible y racional de los escasos recursos hídricos y para fomentar actitudes favorables al medio ambiente, las autoridades competentes deben adoptar medidas de incentivo o compensación, incluida una política adecuada de fijación de precios del agua. Esta política de fijación de precios debería de garantizar el acceso equitativo y asequible al agua potable, como un derecho humano básico.

Principio de participación

La participación del público en la gestión del agua es importante, para que los intereses de todos los grupos, especialmente los pobres y grupos menos representados estén presentes. A través de la educación, la publicación abierta de datos sobre el agua, las audiencias de la comunidad, los foros, los individuos y los grupos, pueden estar involucrados en el uso del líquido y en la gestión de procesos, así como presentar sus necesidades (Falkenmark y Folke, 2002).

La participación de los grupos sociales en los proyectos de desarrollo de agua es crucial con el fin de evitar conflictos y avanzar hacia la cooperación (Llamas y Martínez, 2009). Para promover la participación de los grupos de interés es necesario definir quiénes son los interesados, como, cuando y donde intervendrán en los procesos de la toma de decisiones. Los grupos interesados deben ser conscientes de la forma en que proyecto en cuestión les va a afectar o beneficiar y tener un conocimiento básico del agua subterránea. Por ello la educación es crucial para ellos y los usuarios de aguas subterráneas para lograr un enfoque participativo de la gestión. A través de la educación continua se puede mejorar la solidaridad, una mayor participación de los interesados y un uso más eficiente del agua.

En cuanto a la publicación abierta de datos del agua subterránea es necesario que la información sea de calidad, fácil acceso y confiable, esto facilitaría la cooperación entre las partes interesadas y se considera un requisito para tener éxito en la gestión del agua subterránea (Llamas y Martínez, 2009). Además, será necesario que las instituciones cambien de actitud, de facilitar el acceso a los datos del agua al público en general.

Principio de transacción

Señala que el agua ahorrada y el excedente de la cantidad asignada puede ser comercializado, a través de los bancos de agua, reservas de agua o transferencias (Liu et al., 2012). Por regularidad esta situación es contraria a este principio, se prioriza la comercialización y después se destina, si existen los excedentes a la población. Los mercados y transacciones de derechos de aguas son instrumentos económicos, que en apropiadas condiciones regulatorias contribuyen a llevar agua donde hace falta vía

transacciones entre privados. Sin embargo, valorar y gestionar el agua desde las relaciones de mercado entra en contradicción con los más elementales principios éticos (Arrojo, 2006).

Principio de quien contamina paga

Es una herramienta preventiva, busca mitigar los efectos a los daños ambientales, así el que contamina paga. Fomenta la inversión en instalaciones y medidas que la eviten, busca cubrir los costos de la prevención de la contaminación (UNESCO, 2003; Liu et al., 2012).

Principio de utilización equitativa y razonable

Se refiere al derecho público internacional en las aguas compartidas según la doctrina de la soberanía territorial limitada. Esta reconocido y aprobado en dos documentos normativos en aguas de uso común, el convenio sobre la protección y utilización de los cursos de agua transfronterizos y de los lagos internacionales, también conocido como el Convenio del Agua (1992) y la Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación (1997) (Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, 2004; Liu et al., 2012).

4.3.3 HIDROSOLIDARIDAD Y ECONOMÍA SOLIDARIA

La Hidrosolidaridad nace frente al hidroegoísmo, donde predominaban las tecnologías y el poder, para agregar valores humanos y ambientales. Los elementos y las relaciones que existen alrededor de la Hidrosolidaridad se resumen en la siguiente Figura. Algunos de estos son comunes a los principios de la Economía Solidaria.

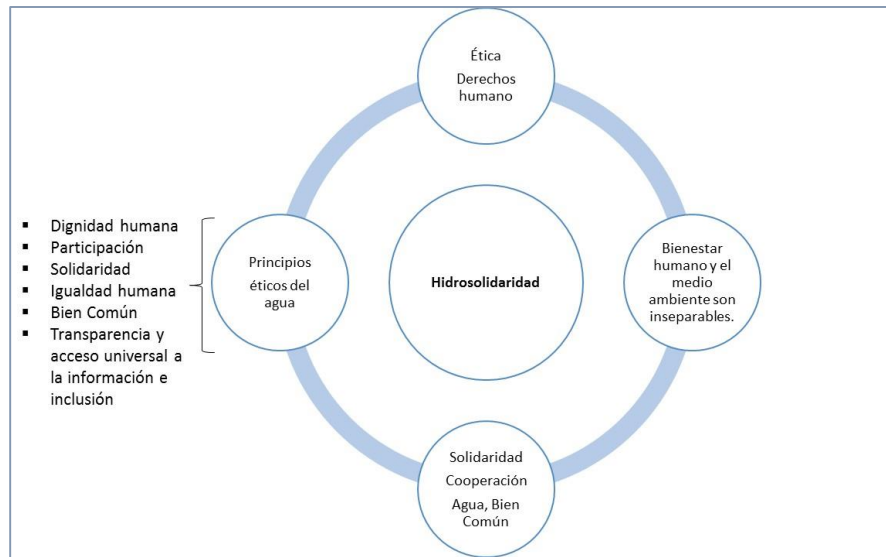


Figura 1. Elementos y relaciones que existen en la Hidrosolidaridad.

La Economía Solidaria “es un enfoque de la actividad económica que tiene en cuenta a las personas, el medio ambiente y el desarrollo sustentable, como referencia prioritaria, por encima de otros intereses, ... es una manera de vivir que abarca la integralidad de las personas y designa la subordinación de la economía a su verdadera finalidad: proveer de manera sostenible las bases materiales para el desarrollo personal, social y ambiental del ser humano” (Redes de Economía Alternativa y Solidaria, 2011. p. 1).

Posee un enfoque más crítico con el sistema económico actual, el énfasis está en la necesidad de proteger el medio ambiente y la vida de las personas como prioridad antes de otros intereses. Por lo tanto, acoge nuevos valores, posee un enfoque ético y humanista que es opuesto a ese modelo económico, articula propuestas para otra economía con la visión de que ésta debe estar al servicio de las personas, como un medio que contribuye a la mejora de la calidad de vida de las personas y de su entorno (Yacamán, Ruiz y Navarro, 2018). Sus principios son la equidad, el trabajo, la sostenibilidad ambiental, la cooperación, la ausencia de lucro y la sostenibilidad de la vida (REAS, 2011).

4.4 PROCESO EN LA RECARGA DE ACUÍFEROS

El agua subterránea llena las grietas y los espacios entre las rocas y los sedimentos bajo la superficie de la Tierra, procede de las precipitaciones, ya sea directamente por infiltración a través del terreno, o indirectamente tras un cierto tiempo de permanencia y/o circulación en superficie (Gutiérrez, 2016).

Luego de transcurrir la precipitación, y una vez que la capacidad de intercepción y la detención superficial del suelo han sido satisfechas inicia la infiltración. Ya en el subsuelo el agua circula y se distribuye conforme a las condiciones geológicas y topográficas. Varios factores influyen en la tasa de infiltración, la condición de la superficie del suelo, la cubierta vegetal, las propiedades físicas de los medios como porosidad, conductividad hidráulica, contenido de humedad entre otros (Barbecho y Calle, 2012).

Para comprender la manifestación del agua subterránea se debe conocer la distribución vertical del agua dentro de las formaciones, definiéndose así dos zonas, la cercana a la superficie se conoce como zona no saturada o vadosa, y la zona saturada o freática. Los límites entre ellas es el nivel estático, el cual se define como la superficie en la cual la presión del poro saturado con agua es igual a la presión atmosférica (Price, 2007).

Siendo así la distribución del agua debajo de la superficie se pueden identificar dos tipos de flujo del agua en medios porosos, los que se dan en suelos totalmente saturados y los parcialmente saturados definidos por la Ley de Darcy, fundamental para evaluar el movimiento de agua en el suelo (Price, 2007).

Los acuíferos son formaciones geológicas⁴ que almacenan y permiten la fácil circulación del agua subterránea. La recarga de los acuíferos puede producirse de forma natural y antropogénica. En la primera corresponde a una parte del proceso del ciclo del agua que se genera como consecuencia de la entrada de agua a la zona saturada procedente de la superficie del terreno y asociada al flujo descendente de las aguas hacia la zona saturada, o

⁴ Una formación geológica es un cuerpo rocoso de dimensiones apreciables producto de la dinámica terrestre, generalmente están compuestas por capas de grava, arena, o aluvión enterradas, y rocas fracturadas (de la Lanza et al., 1999).

bien la cantidad de agua infiltrada alcanza un sistema de aguas subterráneas. Se puede medir de la diferencia existente entre los flujos de entrada (precipitación, infiltración, entradas subterráneas) a partir de cuerpos naturales de agua, y las salidas (evapotranspiración, bombeo, salidas subterráneas y escurrimiento) (Fernández y García, 2006; Bonilla y Stefan, 2017).

La recarga antropogénica se clasifica en tres categorías: no intencional, no controlada y controlada. La tercera categoría de la recarga antropogénica se denomina “Manejo de la Recarga de Acuíferos” (MAR), definida como el almacenamiento intencional y tratamiento del recurso hídrico en los acuíferos. Otros nombres con los que se ha conocido al MAR son: recarga artificial, recarga mejorada o aumentada, reservas para el banco de agua (water banking) (Bonilla y Stefan, 2017). Para los fines del presente trabajo se decidió usar el nombre de recarga artificial.

Las posibles fuentes para la recarga son: arroyos y ríos perennes, arroyos intermitentes, avenidas, presas, agua de tormenta urbana, agua potable tratada, agua de lluvia recolectada en los techos, agua residual tratada (Gutiérrez, 2016).

El principal objetivo de la mayoría de proyectos de recarga artificial ha sido aumentar la disponibilidad de agua, atenuar los efectos del aprovechamiento intensivo (abatimiento de los niveles del agua, asentamientos del terreno o intrusión salina), dar tratamiento natural al agua en el subsuelo, manejar los acuíferos como vasos de almacenamiento y regulación, y utilizar el subsuelo como una red natural de acueductos (Esteller, 2005; Gutiérrez, 2016; Bonilla y Stefan, 2017).

Otros beneficios que se pueden obtener al practicar la recarga artificial son: aumento del flujo de base en ríos (gasto ecológico), control de la intrusión salina, reducción de la subsidencia de terrenos, fuente sostenible de agua subterránea, sostenibilidad de áreas irrigadas, reducción de la escorrentía y la erosión, análisis positivo de la relación costo-beneficio, mitigación de inundaciones, control de la contaminación, ahorro de espacio superficial para el almacenamiento del agua (Gutiérrez, 2016; Bonilla y Stefan, 2017).

Desde la perspectiva de gestión de los recursos hídricos subterráneos, en todo proyecto de recarga existen aspectos administrativos e institucionales que deben ser considerados como son: la tenencia de la tierra, los derechos de agua, la legislación hídrica, los aspectos regulatorios y legales, etc. Se debe definir también quién debe pagar los proyectos de recarga y quiénes son los beneficiarios, quien lo va a operar y quien lo va a administrar, los niveles de gobierno involucrados. En términos ambientales y sociales es necesario también evaluar el efecto del proyecto de recarga en la calidad de vida de la comunidad y el entorno (Gutiérrez, 2016).

El éxito de los sistemas de recarga artificial depende en gran medida de la correcta ejecución y aplicación de operaciones de control y seguimiento, que permitan, por un lado, cuantificar los efectos que se producen en la cantidad y calidad de las aguas del acuífero y, por otro, una toma de decisión rápida y adecuada para lograr una correcta gestión de la operación, así como de permitir la posterior recuperación del agua infiltrada. Los parámetros que deben controlarse con mayor rigurosidad son el nivel piezométrico y la hidroquímica del agua subterránea, así como el caudal y la calidad del agua de recarga. La medida de estos parámetros puede realizarse de manera continua o discontinua (González, 2017).

En los proyectos de recarga se tienen dificultades como: la necesidad de limpieza de las áreas de infiltración, el manejo de obstrucciones en la superficie. Algunas de estas dificultades se debe por la información inadecuada, conceptos erróneos de la geología y la hidrología, tales como: diseño pobre y limitado del sistema, mal diseño de las estructuras de infiltración, pozos en malas condiciones de funcionamiento, mala operatividad y rendimiento por debajo de los niveles esperados; el agua resultante en el acuífero es de baja calidad, pérdidas de agua por infiltración debido a fallas geológicas no conocidas o mal identificadas, aceptabilidad política y social, la falta de personal capacitado (Gutiérrez, 2016).

Estimación de la recarga

La cuantificación de la relación recarga natural-inducida es necesario para la eficiente administración del recurso agua. Cada zona en particular tiene que tratarse de acuerdo a

las necesidades, disponibilidad y calidad de la información. Así como la elección del método para estimar la recarga dependerá de las condiciones locales y los objetivos a evaluar (Morales, 2011).

Los métodos de estimación de la recarga se dividen en: mediciones directas, balance de aguas, métodos de trazadores (rastrea movimientos de agua sobre largos lapsos de tiempo), métodos geofísicos y métodos que utilizan la ley de Darcy en la zona no saturada y en la zona saturada basada en pruebas de bombeo y cálculo de cargas hidráulicas (Vélez y Vásquez, 2004; Morales, 2011). Este último tipo de método se utilizó en este trabajo para definir la eficiencia del funcionamiento de doce obras de recarga, pozos de absorción.

4.4.1 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

La conductividad hidráulica (K) es el parámetro que define la capacidad del medio poroso, para transmitir el agua a través de sí mismo. Es dependiente del fluido y del medio poroso en conjunto, diferenciándose del término permeabilidad intrínseca, que se define como la capacidad de un medio de transmitir un fluido y es función exclusiva del medio y no del fluido (Villón, 2007; Barbecho y Calle, 2012).

La conductividad hidráulica del suelo varía con el tipo de suelo y con el contenido de agua, los suelos arenosos con grandes espacios entre las partículas, tienen mayores conductividades hidráulicas, mientras que los suelos arcillosos con pequeños espacios entre partículas, tienen menores K (Taiz y Zeiger, 2006).

La ley física que describe el movimiento del agua a través de suelos fue propuesta por Darcy en 1856, ésta expresa que el caudal de agua que atraviesa un medio poroso saturado es directamente proporcional a la sección transversal a dicho flujo y a la variación del potencial existente entre dos puntos considerados de una misma línea de flujo, e inversamente proporcional a la longitud del camino recorrido, según la ecuación 1 (Price, 2007).

$$Q = K * A * i \tag{1}$$

$$i = h_1 - h_2 / L$$

Dónde Q es el gasto (m^3/seg), A es el área total de la sección transversal, i es el gradiente hidráulico, h_1 es la altura sobre el plano de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la entrada de la capa filtrante, h_2 es la altura sobre el plano de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la salida de la capa filtrante, L es la longitud en metros de la muestra y K es una constante, variable en función del material de la muestra (m/s) (Price, 2007). Las formas más usadas de la conductividad hidráulica son cm/seg , $cm/hora$, o $m/día$.

Determinación de la conductividad hidráulica

La conductividad hidráulica (K) puede determinarse mediante ensayos en campo, así como en el laboratorio. En campo, uno de los métodos comúnmente empleado es la prueba de slug, se caracteriza por ser un método económico, se requiere de una sonda de medición de niveles, cronómetro y un volumen de agua disponible para su realización. Dentro de las desventajas se encuentra que el material ensayado es una pequeña porción del acuífero que envuelve al pozo. Por esta razón los resultados son sensitivos a las propiedades hidráulicas del material que se encuentra inmediatamente en la vecindad del pozo (Zabala, Weinzettel y Varni, 2006).

La prueba consiste en medir la recuperación o descenso del nivel piezométrico en un pozo, luego de un cambio casi instantáneo de la carga hidráulica de éste, por medio de la inyección o extracción repentina de un volumen conocido de agua, las mediciones del nivel del agua se realizan en intervalos de tiempo establecidos y considerando la respuesta del medio poroso. El cambio de nivel inicial puede ser negativo si se realiza una extracción de agua, o positivo en caso de inyección (CONAGUA, 2007).

Determinación de la conductividad hidráulica en laboratorio

Para este caso se utilizan aparatos llamados permeámetros tanto de carga constante o de carga variable. Se toman muestras del material en el terreno y se introducen al permeámetro cuidando que estén lo menos perturbadas posible y en estado de saturación. En estos aparatos se mide la cantidad de agua que fluye a través de una muestra de suelo, de dimensiones conocidas y en un tiempo determinado. Cuanto mayor sea la K del terreno,

más rápido se recuperará el nivel piezométrico. Si se trata de arenas gruesas o gravas, en unos pocos segundos se habrá recuperado el nivel inicial. Si son arcillas o limos puede demorarse horas o días (Chacón, Clemente, Lamas y Hamdouni, 2004).

La conductividad hidráulica indica la movilidad del agua dentro del suelo y depende del grado de saturación y naturaleza del mismo; y los factores que influyen en ella son la textura del suelo, clase mineralógica, densidad, estructura de las rocas y la cementación (Jaramillo, 2002).

Caracterización del material de arrastre mediante análisis granulométrico

Para conocer la capacidad de sedimentación del material de arrastre y para evitar que se precipite en los pozos de absorción, se requiere caracterizar este material básicamente en su textura, ya que esta propiedad se relaciona con su velocidad de sedimentación.

La textura del suelo indica la relación porcentual de cada uno de los grupos de partículas, según su tamaño en arena, limo y arcilla. La combinación de estas fracciones determina la clase textural, fina, media y gruesa. La determinación de la textura del suelo o análisis granulométrico consiste en la separación y cuantificación de las partículas de una muestra de suelo, y puede realizarse por diferentes métodos de laboratorio, que se basan en la individualización de las partículas para poder medir su diámetro. Uno de ellos, es el método del hidrómetro que se basa en el principio de la sedimentación, cuando una prueba de suelo se dispersa en agua, las partículas se asientan a diferentes velocidades, dependiendo de sus formas, tamaños y pesos (Flores y Álcala, 2010; Pellegrini, 2018).

La ley fundamental de que se hace uso en el procedimiento del hidrómetro es debida a Stokes. La ecuación (2) es conocida como Ecuación de Stokes de la sedimentación y nos da el valor de la velocidad de sedimentación en función del diámetro de la partícula, su densidad y la viscosidad cinemática del agua, la que resulta a su vez función de la temperatura (Pérez, 2005).

$$V = \frac{\rho_s - \rho_f}{1800\mu} * D^2 \quad (2)$$

Donde V es la velocidad de la esfera (cm/s), ρ_s es la densidad de la esfera (g/cm^3), ρ_f es la densidad del fluido (g/cm^3), μ es la viscosidad del fluido ($\text{g}\cdot\text{s/cm}^2$) y D es el diámetro de la esfera (mm).

Aplicando la ley de Stokes se obtiene el diámetro equivalente de la partícula, que es el diámetro de una esfera (ecuación 3).

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}} \quad (3)$$

Donde D es el diámetro de las partículas (cm), K es un valor obtenido de tablas a partir del peso específico y la temperatura de la muestra, L es la profundidad efectiva (cm) y T es el tiempo transcurrido (min) (Juárez y Rodríguez, 2005).

Los resultados de los análisis granulométricos, tanto por tamizado e hidrómetro, se presentan generalmente en gráficas semilogarítmicas llamadas curvas de distribución granulométrica. Los diámetros de las partículas se grafican en escala logarítmica en las abscisas y el porcentaje correspondiente de finos en escala aritmética (Flores y Álcala, 2010).

V MARCO CONCEPTUAL

5.1 COMUNIDAD RURAL

En América Latina el término comunidad suele asociarse con formas de vida tradicionales, antiguas y rurales. Los barrios o zonas humildes de la periferia de las ciudades también suelen ser caracterizados como comunidades. El concepto también hace denotar formas de agrupamiento humano que, aun con enormes diferencias entre sí, se encuentran alrededor de ciertos puntos coincidentes, entre los que sobresalen la utilización común de la tierra y/o el agua, instancias de trabajo compartido en algunos momentos del año o en ciertas situaciones vitales y la pertenencia a un mismo grupo lingüístico (Liceaga, 2013)

La comunidad es un tipo de organización social cuyos miembros se unen para participar de objetivos comunes, donde algunos o muchos de los objetivos individuales se comparten o se identifican con los intereses colectivos. A mayor número de intereses compartidos, habrá mayor cohesión social. Se reconoce como esencial su carácter sociocultural y político, en términos de un conjunto de personas que en un determinado espacio territorial, homogéneo o diverso ecológicamente, tienen diversos accesos a los recursos naturales, desarrollan varias formas de trabajo (individual o conjunto, colaborador o complementario), definen acuerdos comunes sobre el uso de los beneficios y estructuran reglas de convivencia (formales o informales) para un bien común que los cohesionan e identifica (Castillo, 2007).

Algunas de las características principales del mundo rural son: la población está ligada a actividades agrícolas, pecuarias, forestales, pesqueras, y a actividades turísticas. Los fuertes vínculos con la tierra, el agua y la naturaleza les permiten generar prácticas culturales particulares. En cuanto a sus lazos sociales, tienden a ser fuertemente determinados por relaciones de parentesco y por una gran cooperación y solidaridad.

La comunidad rural se preserva y recrea una relación con el medio ambiente, los recursos naturales y forestales, así como con los espacios agrícolas y pecuarios con fines diversos y complementarios. El mundo rural constituye una construcción social de diversas formas de relación entre grupos de actores alrededor de la reproducción, producción y la recreación. Las maneras de relacionarse y el peso que estos grupos tienen, le dan forma a cada comunidad en

particular. En síntesis, la comunidad es una construcción cultural e histórica, ya que adquiere características propias de cada cultura y se va armando poco a poco con el devenir histórico (Castillo, 2007).

5.2 PERCEPCIONES SOCIALES

La relación que existe entre las personas y el ambiente puede ser estudiada a través de las percepciones ambientales, dicha relación está definida por la forma en que es percibida el entorno (Fernández, 2008). Como la relación entre los seres humanos y la naturaleza es continua y cambiante, las percepciones también están en movimiento (Arizpe, Paz y Velázquez, 1993).

Según las autoras anteriores, refieren que las percepciones ambientales surgen a partir del deterioro ambiental, donde se genera “un proceso social de percepción, conocimiento y comprensión que se va construyendo, información proveniente de los intercambios sociales, conflicto o alianza con otros individuos y grupos sociales” (Arizpe et al., 1993. p. 14).

Durand (2008) señala que los procesos de degradación ecológica (como la deforestación, contaminación) son comprendidos e interpretados de maneras muy diversas por distintos grupos de la sociedad, en algunos casos los individuos o comunidades pueden verlos como procesos que no afectan y en otros ni siquiera los identifican.

De acuerdo al contexto cultural particular, se construyen diferentes percepciones, se adoptan ciertas posturas, se desarrollan estrategias y se realizan acciones. Las percepciones pueden facilitar el conocimiento de los grupos sociales, cómo piensan sobre los problemas ambientales, el modo en que comprenden y valoran el mundo natural, la manera de visualizar su responsabilidad y la de otros actores al intentar resolver los problemas o en las negociaciones de acuerdos (Castillo et al., 2009).

El análisis y evaluación de las percepciones ambientales aporta información para la formulación de estrategias de manejo de los ecosistemas y facilita los procesos de participación social en la toma de decisiones (Castillo et al., 2009).

Este trabajo se guía bajo el concepto de percepción ambiental en la visión de los autores citados en este apartado. En el documento se exponen las percepciones del agua y de las acciones de recarga artificial de SACV desde la perspectiva de los usuarios de las obras de recarga.

5.3 INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA

La investigación acción participativa (IAP) se caracteriza por un conocer y actuar solidario, es una propuesta que propone un nuevo paradigma, donde el sentir y pensar es fraterno, colaborativo, vinculante y colectivamente responsable de los impactos que el proceso investigativo genere sobre las personas y el ambiente. Un proceso que no lucra de lo que produce como respuesta y resultado, por el contrario, es un sentí-pensar que se comparte, con todos aquellos que están orientados por un restablecimiento de lo humano y de la vida en dignidad (Jiménez, 1988).

Rahman y Fals (como se citó en Ortiz y Borjas, 2008) señalan que la IAP hace “hincapié en una rigurosa búsqueda de conocimientos, es un proceso abierto de vida y de trabajo, una vivencia, una progresiva evolución hacia una transformación total y estructural de la sociedad y de la cultura con objetivos sucesivos y parcialmente coincidentes” (p. 618).

Las etapas en que se realiza la IAP son (Jiménez, 1988):

1ª etapa. Problema por investigar: selección, definición y análisis del problema

En esta etapa los participantes seleccionan el problema que afecta al grupo o comunidad, se define el problema con los elementos que lo componen, y se analiza y determina el porqué de su existencia.

2ª etapa. Investigación de la solución del problema

- Selección de una alternativa y de recursos para la solución del problema.

Los participantes determinan que alternativas y recursos posibilitan la solución del problema, de entre varias propuestas que ellos propongan, con base en su experiencia y/o información que se les proporcione sobre recursos.

- Comprobación de la funcionalidad de la alternativa y recursos seleccionados.

Los participantes descubren y deciden si la alternativa y/o los recursos que seleccionaron son los adecuados para la solución. La comprobación se realiza planeando el propósito mencionado. Si se comprueba que la alternativa y/o recursos seleccionados posibilitarán la solución del problema se pasa a la tercera etapa. De lo contrario se reiniciará en la anterior fase anterior para seleccionar una nueva alternativa o recurso.

3ª etapa. Gestiones para solucionar el problema

- Planeación de acciones

Los participantes se organizan lo que van a hacer, planean sus acciones de acuerdo a la alternativa y los recursos para la solución encontrados en la etapa anterior. Elaborarán un plan de acción que contenga los siguientes puntos, qué van a hacer, para qué y cómo, quienes, dónde y cuándo van a realizar las actividades.

5.4 PARTICIPACIÓN SOCIAL

En la Investigación Acción Participativa, la participación social consiste en una actividad colectiva y organizada en la cual cada miembro de un grupo ha aceptado ejercer funciones para llevar a cabo la tarea de resolver problemas comunes, planeada por ellos mismos en forma electiva. Implica modificaciones cualitativas en la personalidad de quienes participan, en los procedimientos para la solución de problemas y cambios en las condiciones de vida cuando los problemas quedan resueltos (Jiménez, 1988).

Por su parte, Durand (2006) define la participación social, como el esfuerzo organizado de las comunidades locales por incrementar el control sobre sus recursos y la capacidad de sus instituciones para regular el acceso a los mismos.

Mientras que para, Paré, Fuentes, Vidriales y García (2012) la participación social es la capacidad de acción de los individuos, siendo estos sujetos libres, conscientes de su realidad, y con el compromiso, de corresponsabilidad y toma de decisiones para el logro de objetivos comunes, cuya dimensión objetiva se analiza al observar la cooperación, el involucramiento,

la manifestación y la movilización. La participación social que señala Paré et al. (2012) orientó el presente trabajo.

5.5 PLAN COMUNITARIO PARTICIPATIVO

Planificar es pensar ahora lo que se va a hacer después, las actividades de una persona o de un grupo son programadas en el tiempo, dejando claro, que se va a hacer, por qué se hará, en que momento, y con qué recursos. Las ventajas de la planificación son: reflexionar porque se van a emprender tales acciones y como, permite visualizar los resultados; realizar las acciones de manera ordenada, conocer de antemano que medios se van a necesitar, de donde se pueden obtener, para reducir costos; así como prevenir algunos obstáculos (Burin et al., 1995).

En el plan de acción se muestran las actividades propuestas para responder a las necesidades derivadas del diagnóstico sobre la problemática de interés. Del ejercicio de reflexión colectiva en la comunidad, las necesidades y alternativas de solución son planteadas y definidas como las viables para desarrollar con los recursos humanos, materiales, naturales y sociales, se establecen rutas de acción, mismas que se pueden concretizar en objetivos y metas a alcanzar (Burin et al., 1995).

VI DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO

6.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de San Antonino Castillo Velasco se localiza en la región de los Valles Centrales del estado de Oaxaca (Figura 2) El municipio de San Antonino Castillo Velasco se localiza en la región de los Valles Centrales del estado de Oaxaca, administrativamente pertenece al distrito de Ocotlán, tiene una superficie total de 33.17 km², colinda al norte con los municipios de San Martín Tilcajete y Ocotlán de Morelos; al este con el municipio de Ocotlán de Morelos; al sur con los municipios de Ocotlán de Morelos y Santiago Apóstol; al oeste con los municipios de Santiago Apóstol y Santa Ana Zegache (Municipio de San Antonino Castillo Velasco, 2018).

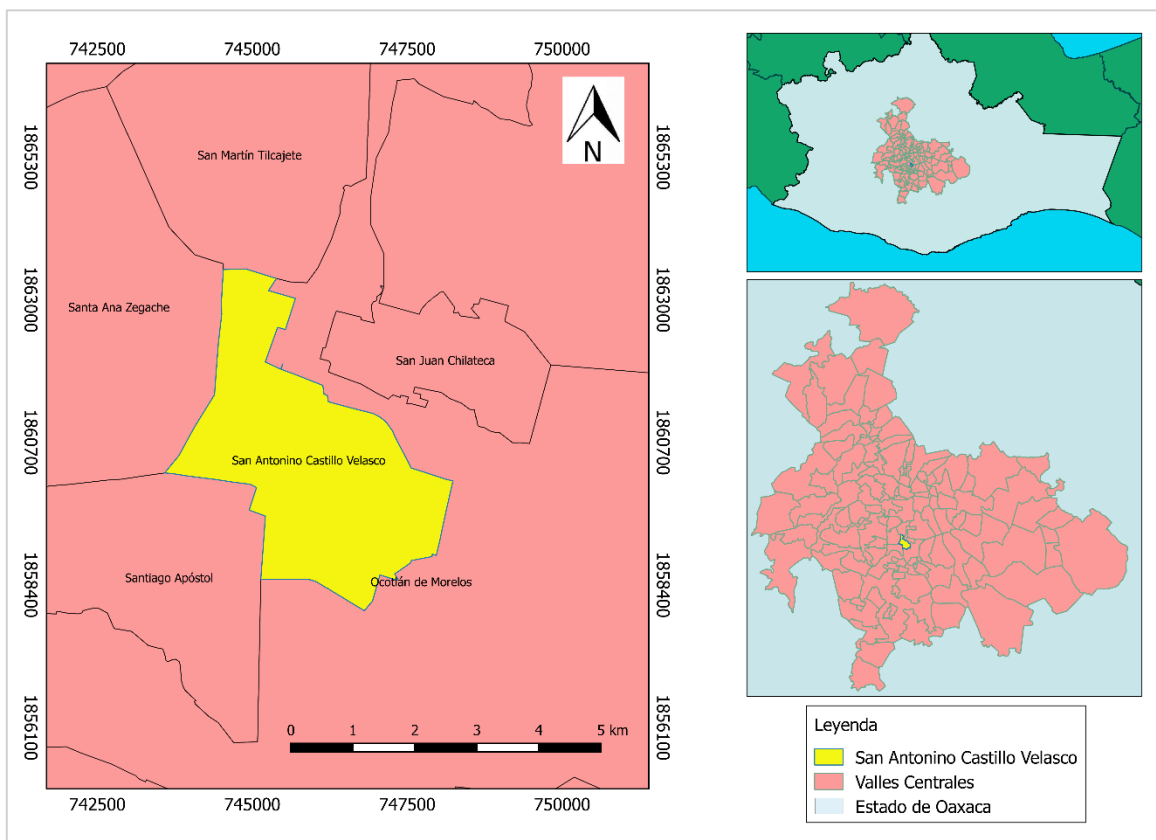


Figura 2. Mapa de ubicación de San Antonino Castillo Velasco, Ocotlan. Fuente: elaboración propia.

En la zona el clima es semiseco semicálido, con temperatura media anual mayor de 18°C, la temperatura del mes más frío es menor de 18°C y la temperatura del mes más caliente es

mayor de 22°C. El rango de precipitación va de 700-800 mm y la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm (INEGI, 2005).

Administrativamente el municipio pertenece a la región hidrológica Costa Chica-Río Verde, cuenca Río Atoyac y subcuenca Río Atoyac-Oaxaca de Juárez. Las corrientes de agua presentes son intermitentes, y no existen otros cuerpos de agua, como ríos y lagunas que irrigen la población. En la época de lluvias se forman tres arroyos: arroyo Coyote, el cual tiene su cauce de este a oeste colindando con el centro de salud en su parte posterior; arroyo Llano Verde, el caudal va hacia el sur, pasando por el cruce de San Antonino y Ocotlán; y el arroyo de Tocuela, se localiza en la colonia Santa María Tocuela y pasa a 29 m del centro de la población (Municipio de San Antonino Castillo Velasco, 2011).

En cuanto al uso del suelo y vegetación, principalmente es la agricultura en un 78% y el resto corresponde a zona urbana (INEGI, 2005). Existen manchones de bosque caducifolio, pastizal inducido, chaparral bajo, con árboles de Mezquites, Huajes, Cazahuates y Huamúchiles (Municipio de San Antonino Castillo Velasco, 2011).

La zona pertenece a la provincia de la Sierra Madre del Sur, subprovincia Sierras y Valles de Oaxaca, la mayor parte de la extensión geográfica es valle, presenta altitudes de 1400 a 1600 metros. El 91.34% de las rocas pertenecen al período cuaternario, de tipo aluvial, y el suelo dominante es de tipo Luvisol (72.48%) y Phaeozem (18.84%) (INEGI,2005).

6.2 ASPECTOS SOCIALES Y ECONÓMICOS

El pueblo de San Antonino Castillo Velasco se fundó en el año de 1649 por Nicolás Hernández, Martín Ángel Toledo y Manuel Salmerón. Recibe el apellido del abogado y político liberal José María Castillo Velasco, San Antonino por San Antonio de Padua (Municipio de San Antonino Castillo Velasco, 2011).

Según el INEGI (2017), en el año 2015 el municipio contaba con 6009 personas, 3160 mujeres y 2849 hombres, y con 1546 viviendas particulares habitadas. De acuerdo a los ocupantes en las viviendas particulares habitadas (6009) y su distribución porcentual de la disponibilidad de agua entubada y acceso al agua se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Disponibilidad de agua

Clasificación		Total
Entubada		33.59%
~ Dentro de la vivienda	68.86	
~ Fuera de la vivienda pero dentro del terreno	31.14	
Por acarreo		66.41%
~ De llave comunitaria	0.25	
~ De otra vivienda	1.33	
~ De una pipa	77.60	
~ De un pozo	19.29	
~ De un río, arroyo o lago	0.40	
~ De la recolección de lluvia	0.00	
~ No especificado	1.13	

Fuente: INEGI, 2017.

La fuente de abastecimiento de agua es subterránea, de pozos profundos, hay un total de 114 pozos, y un volumen anual concesionado o asignado de extracción de 436 m³ (INEGI, 2017).

Según los ocupantes de las viviendas (6009) y la distribución porcentual de disponibilidad de drenaje se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Disponibilidad de drenaje

		Total (%)
Disponen		80.96
▪ Red pública	86.73	
▪ Fosa séptica o tanque séptico	13.27	
No Disponen		18.84
No especificado		0.20

Fuente: INEGI, 2017.

La población ocupada (2634) y su distribución porcentual según división ocupacional se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. División ocupacional

	Total (%)
Funcionarios, profesionistas, técnicos y administrativos	8.39
Trabajadores agropecuarios	31.21
Trabajadores en la industria	16.89
Comerciantes y trabajadores en servicios diversos	42.98
No especificado	0.53

Fuente: INEGI, 2017.

El municipio presenta un grado de marginación alto (CONAPO, 2010), y según el informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social por la Secretaría de Desarrollo Social (2018), existen las siguientes situaciones (ver Cuadro 4):

Cuadro 4. Pobreza y rezago social

Indicador		Total
Población	Número de personas	6191
Pobreza multidimensional	Población en pobreza	5696
	Población en pobreza extrema	3332
	Población en pobreza moderada	2363
	Población vulnerable por carencias	419
	Población vulnerable por ingresos	43
	Población no pobre ni vulnerable	33
Rezago social	Grado de rezago social	Alto
Zona de Atención Prioritaria	ZAP Rurales ⁵	1
	ZAP Urbanas ⁶	5

Fuente: SEDESOL, 2018.

Según la medición de la pobreza en México, incluye seis indicadores: ingreso de los hogares, rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios en la vivienda, acceso a la alimentación, y acceso a servicios básicos en la vivienda (CONEVAL,

⁵ Las Zonas de Atención Prioritaria Rurales son municipios de Muy Alta o Alta Marginación o tienen Muy Alto o Alto Grado de Rezago Social o el porcentaje de personas con al menos tres carencias es mayor o igual al 50% (Diario Oficial de la Federación, 2017).

⁶ Las Zonas de Atención Prioritaria Urbanas son localidades urbanas de municipios que son de Muy Alto o Alto Grado de Marginación o Grado de Rezago Social Alto o ubicadas en Zonas de Atención Prioritaria Rurales (DOF, 2017).

2017). Por las condiciones indicadas en el cuadro anterior, el municipio se ubica en la Zona de Atención Prioritaria (ZAP) 2018.

VII METODOLOGÍA

La metodología empleada fue una adaptación de la Investigación Acción Participación, los datos fueron obtenidos en cuatro etapas, como se muestra en el Cuadro 5, y cada una se desarrolla en los siguientes párrafos.

Cuadro 5. Etapas de la obtención de datos

Etapas de la IAP	Etapas de la obtención de datos	Herramientas, técnicas
1ª Selección, definición y análisis del problema.	1) Identificación del contexto alrededor del recurso agua y las obras de recarga artificial. 2) Evaluación de la eficiencia técnica de las obras de recarga mediante pruebas hidrogeológicas.	Visitas, recorridos, diálogos informales y taller participativo. Pruebas slug en campo
2ª Investigación de la solución del problema.	3) La percepción comunitaria de la recarga de agua subterránea, relaciones solidarias y ética del agua.	Entrevistas
3ª Gestiones para solucionar el problema.	4) Presentación y entrega de resultados a la comunidad. 5) Plan de acción	Taller participativo de socialización y triangulación de datos. Creación de plan de acción comunitario con responsabilidades compartidas.

Fuente: elaboración propia.

7.1 IDENTIFICACIÓN DEL CONTEXTO ALREDEDOR DEL RECURSO AGUA Y LAS OBRAS DE RECARGA ARTIFICIAL

En esta etapa se emplearon herramientas cualitativas, según método de Taylor y Bogdan (1987), estas fueron: establecimiento de Rapport⁷ o la confianza, recorridos de campo preliminares, observación de campo, diálogos informales y taller participativo. La intención fue

⁷ El Rapport significa muchas cosas: comunicar la simpatía que se siente por los informantes y lograr que ellos la acepten como sincera, penetrar a través de las "defensas contra el, extraño" de la gente, lograr que las personas se "abran" y manifiesten sus sentimientos respecto del escenario y de otras personas, ser visto como una persona inobjetable, irrumpir a través de las "fachadas" que las personas imponen en la vida cotidiana, compartir el mundo simbólico de los informantes, su lenguaje y sus perspectivas (Taylor y Bogdan, 1987).

identificar el contexto con respecto a las temáticas: disponibilidad de agua en la comunidad, sequía y escasez del agua, origen de las obras de recarga, conocimiento del entorno, construcción del territorio actual-línea de tiempo, toma de decisiones sobre el agua y obras de recarga, equidad de la participación y problemas frecuentes. La forma de abordar dichos métodos se enlista a continuación:

Visitas preliminares y establecimiento de Rapport

Durante las visitas preliminares realizadas en el mes de octubre de 2016 en la comunidad, se buscó interactuar con las personas de manera que se percibieran cómodas y obtener su aceptación, con la finalidad de establecer relaciones abiertas, establecer el Rapport y la confianza con las personas.

Antes de entablar relación con la comunidad, se revisó información documental, Plan de Desarrollo Municipal 2011-2013 (2011) y datos del INEGI (2005), para conocer las características físicas, sociales y culturales, que facilitaron entender la dinámica, modos de vida y organización.

Se realizaron visitas preliminares en las zonas de ubicación de las obras de recarga, campos de cultivos y zona urbana (Figuras 3 y 4). Los recorridos se efectuaron acompañados de los integrantes del Comité de Agua, Regidor de Agricultura y Ecología, vecinos y usuarios de las obras, durante el censo que realizó personal del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Oaxaca en el municipio, a solicitud de un estudio técnico por parte de la Coordinadora de Pueblos Unidos por la Defensa del Agua (COPUDA), y el Centro de Derechos indígenas Flor y Canto.



Figura 3. Recorridos preliminares en la comunidad de estudio. Fuente propia.



Figura 4. Recorridos preliminares en la comunidad de estudio. Fuente propia.

Observación no participante

Se realizaron doce observaciones en SACV, durante los recorridos preliminares y el muestreo de las obras de recarga, del mes de octubre de 2016 a diciembre de 2017. Esta última actividad fue acompañada por el Comité de Agua (representada por el señor Pedro Caravantes), el Regidor de Ecología y Agricultura y usuarios de las obras de recarga. Así también se observó en la comunidad, sus conductas y actividades que realizan en relación al tema de estudio.

Diálogos informales

Durante los recorridos se realizaron 10 diálogos informales con las personas de la comunidad, para obtener información preliminar (origen y beneficios de las obras de recarga), generalidades del tema (disponibilidad del agua, sequías) y se identificaron a los actores clave: población, instituciones u organizaciones que participan en este proceso. El registro de los datos se realizó en forma de notas de campo y registró fotográfico. La información se ocupó para integrar en la temática de los objetivos uno y tres.

Taller participativo

El taller se realizó en noviembre de 2016, en las oficinas del Comisariado de Bienes Comunes, con personajes claves de la comunidad, presidente del Comisariado de Bienes Comunes, Presidente del Comité de Agua e integrantes y vecinos (Figuras 5 y 6). Con la finalidad de

conocer los antecedentes, fuentes de abastecimiento de agua, usos, disponibilidad, nivel de participación de la comunidad, problemas y conflictos entorno al agua y las obras de recarga artificial.



Figura 5. Realización del taller participativo en la comunidad. Fuente propia.



Figura 6. Realización del taller participativo. Fuente propia.

En el taller se utilizaron herramientas participativas, las cuales fueron adaptadas de Gelfius (2002), la relación de éstas se muestra en el siguiente Cuadro 6 y desarrollada en el Anexo 1.

Cuadro 6. 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 quien son los que participan y realizan las diferentes actividades relacionado 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.

Fuente: elaboración propia adaptada de Gelfius (2002).

7.2 PERCEPCIONES DE LA RECARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA, RELACIONES SOLIDARIAS Y ÉTICA DEL AGUA

La obtención de información de la percepción de las personas sobre el agua, las obras de recarga y ética del agua fue a través de las entrevistas.

Entrevista

El propósito del instrumento fue obtener información que contribuyó a identificar la percepción del agua, principios éticos del agua y aportó elementos para la elaboración de una Propuesta del Plan de Acción Comunitario bajo el esquema Hidrosolidario. Las entrevistas fueron de tipo semiestructurada, con base en una guía de preguntas específicas (Anexo 2), el instrumento indica qué cuestiones se preguntaron y el orden. Los ejes temáticos planteados en el guion uno, fueron: antecedentes, beneficios, problemáticas, y soluciones al funcionamiento y mantenimiento de las obras de recarga; en el guion dos: percepción del agua, organización y administración, equidad, solidaridad y problemas actuales del agua.

La entrevista también buscó recolectar información con respecto a los siguientes principios éticos del agua:

- ~ Equidad en la disponibilidad y aplicabilidad de agua
- ~ Derecho al agua
- ~ Requisitos de los ecosistemas y un medio ambiente sano
- ~ De vecindad
- ~ De frugalidad
- ~ De uso múltiple y benéfico del agua
- ~ De aplicación obligatoria de medidas de cantidad y calidad
- ~ De compensación y pago
- ~ De participación
- ~ De utilización equitativa y razonable

Aplicación de entrevistas

Por la disposición en su tiempo de la comunidad, las entrevistas se aplicaron a 27 personas, principalmente usuarios de las obras de recarga, según el método por conveniencia (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), y bajos los criterios de inclusión siguientes: ser usuario directo de los pozos donde se realizó el estudio técnico, ser responsable de un pozo

de absorción y/o vecino aledaño al pozo, tener una residencia mayor a 15 años en la comunidad, se investigó que el entrevistado se percatara de los cambios que han ocurrido en la comunidad, y fuera originario de la población de acuerdo a grupos de edad y género establecido con fines de reconocimiento de equidad y correspondencia al enfoque Hidrosolidario (ver Cuadro 7). La relación de las edades de las personas entrevistadas se muestra en el Anexo 3.

Cuadro 7. Grupos de edad y género para la aplicación de las entrevistas.

	Mujer	Hombre
20 a 29 años	5	5
30 a 59 años	5	5
Mayor a 60 años	5	5
Total	15	15

El número de entrevistas a aplicar correspondía a 30 habitantes, sin embargo, en la comunidad no fue posible localizar a todas las personas con las características definidas, por lo que se aplicó solamente a 27 personas.

Procesamiento y análisis de las entrevistas

Las entrevistas se realizaron de forma individual y se grabó en audio previo consentimiento del entrevistado, con una duración esperada de 20 a 40 minutos cada una, y con toma de notas simultáneamente. Cada una de las entrevistas se transcribió procurando mantener la originalidad de la misma, se protegió el anonimato de los entrevistados con la asignación de una clave.

El análisis de los datos fue a través de la inducción analítica⁸ (Schettini y Cortazzo, 2015), en un primer momento consistió en la revisión del conjunto de datos (notas de campo, entrevistas), para la identificación y conformación de categorías, subcategorías y afirmaciones;

⁸ La inducción analítica es un procedimiento de tratamiento de la información recopilada. El investigador construye los vínculos claves entre los diversos datos que le permitirán arribar a las afirmaciones. Para encontrar esos vínculos claves, busca patrones de generalización dentro del caso en consideración, en lugar de generalizar de un caso o un contexto a otro. Ese patrón se consigue conectando varios datos como manifestaciones semejantes, paralelas, de un mismo fenómeno.

posteriormente esta información se organizó y concentró en cuadros para la interpretación de los resultados de la percepción del agua y de las acciones de recarga.

En la identificación y obtención de la información de los principios éticos de uso del agua en SACV se utilizaron también: observación en campo, taller participativo, diálogos informales, ya descritas anteriormente. El análisis de los elementos éticos se realizó bajo el mismo procedimiento anterior, a diferencia de que en esto no se conformaron las categorías, puesto que ya estaban establecidas con los principios, la información fue organizada por la fortaleza (aspectos positivos) o debilidad (aspectos negativos) de los elementos identificados de cada uno de los principios.

7.3 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS OBRAS DE RECARGA MEDIANTE PRUEBAS HIDROGEOLÓGICAS

Los pozos de absorción evaluados en la comunidad fueron elegidos por el Comité de Agua bajo los siguientes criterios:

- I. Sitios accesibles para realizar la prueba, para el traslado de volúmenes de agua en una pipa y a través de caminos accesibles;
- II. Interés de los usuarios por conocer el funcionamiento de la obra, en acuerdo con el Comité de Agua se seleccionaron las obras a evaluar, ya sea que se ubicara en alguna propiedad específica o se determinaba por los responsables;
- III. Obras o sitios probables de mayor capacidad de infiltración desde la visión de los usuarios. A través de la observación empírica, ellos identificaban el volumen de agua que ingresa en la obra mediante infiltración, en la facilidad o en el menor tiempo que disminuye el volumen de agua en comparación con otras obras.

La ubicación de las doce obras fue georreferenciada en coordenadas UTM con un GPS Garmin Portatil eTrex 10 y se les asignó un número progresivo para identificarlos. Los datos obtenidos fueron procesados en un sistema de información geográfica libre y de código abierto, QGIS, y se elaboraron mapas de ubicación de las obras en el municipio.

También se caracterizaron las obras (pozo de absorción y pozo arenero), con el registro de datos de ubicación, responsables, fecha y proceso de construcción, mantenimiento, y observaciones generales (presencia de basura y procedencia del agua que ingresa en la obra).

7.3.1 DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN CAMPO

Una forma de evaluar la eficiencia de las obras de recarga es a través de la determinación de la conductividad hidráulica. Para obtener este valor en las 12 obras de recarga (pozos de absorción) se realizaron pruebas slug (CONAGUA, 2007). Al inicio de la prueba se midió con una sonda eléctrica (HGE, número de serie 4984) la profundidad total del pozo de absorción y al nivel freático, así como, la altura del brocal. Posteriormente se introdujo un volumen de agua conocido (1.5 m^3), mediante bombeo con apoyo de una pipa de agua (Figura 7), el descenso del nivel del agua fue medido en tiempos establecidos, al inicio en intervalos cortos de tiempo de 1, 3, 5 minutos después de 10, 15 y hasta 30 minutos, y se continuó cada media hora, según el comportamiento del medio se prolongó hasta cuatro horas.



Figura 7. Mediciones en pozos de absorción en SACV.
Fuente propia.

En cada lectura se introdujo la sonda eléctrica hasta el nivel del agua para medir el abatimiento en cada intervalo de tiempo transcurrido (Figura 8), con este registro de datos se aplicó la ecuación de Darcy (ecuación 4) para evaluar la conductividad hidráulica.



Figura 8. Medición en un pozo de absorción. Fuente propia.

Los datos de los abatimientos se procesaron en hojas de Excel y determinaron los valores de la conductividad hidráulica a través de la siguiente ecuación 4 de Darcy (Price, 2007).

$$K_v = \frac{L}{T_1} * \ln \frac{H_0}{H_1} \quad (4)$$

Dónde K_v es la conductividad hidráulica (m/s), L corresponde a la longitud del subsuelo analizado (m), T_1 es el tiempo de los descensos (s), H_0 es la diferencia de longitud del subsuelo con el abatimiento inicial (m), H_1 es la diferencia de la longitud del subsuelo con el abatimiento en el tiempo (m).

7.3.2 DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA EN LABORATORIO

En la comunidad, los pozos areneros fueron construidos por los habitantes para retener el material sólido, procedente del arrastre de los escurrimientos y reducir el ingreso de este material en los pozos de absorción. De los 12 pozos de absorción muestreados anteriormente, siete contaban con pozos areneros, donde se extrajeron muestras del material sólido con la ayuda de un barrenador manual (Figura 9).



Figura 9. Muestra de suelo obtenida de un pozo arenoso. Fuente propia.

En laboratorio se midió la conductividad hidráulica de las muestras (Chacón et al., 2004), a través de un permeámetro de carga variable para espécimen de 4" de diámetro (38-T0181). En este instrumento, un volumen de agua conocido (1000 ml) fluyó a través de la muestra de suelo de 30 cm de longitud, en un tiempo aproximado de 2-4 horas según la respuesta del medio.

Los tiempos de descenso del nivel del agua fueron medidos en minutos, al inicio en intervalos cortos de 1, 3, 5, minutos, durante la prueba se ampliaron a 10, 15, y hasta 30 minutos, y se prolongó hasta cuatro horas, o hasta que terminó de descender el volumen de agua introducida. Este volumen del agua fue recuperado en una probeta graduada. Los datos registrados se procesaron con la ecuación de Darcy (ecuación 4) para determinar el valor de la conductividad hidráulica.

Los valores obtenidos de las pruebas slug y de laboratorio fueron clasificados según los rangos de la conductividad hidráulica del Cuadro 8.

Cuadro 8. Rangos de conductividad hidráulica (Villón, 2007).

Rangos	Conductividad hidráulica	
	cm/h	m/día
Muy lenta	0.1	0.03
Lenta	0.1-0.5	0.03-0.12
Moderadamente lenta	0.5-2	0.12-0.50
Moderada	2-6	0.50-1.50
Moderadamente rápida	6-12	1.50-3.00
Rápida	12-18	3.00-4.50
Muy rápida	>18.0	>4.50

7.3.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTO.

Con las muestras del material sólido extraídas de los pozos areneros, también se determinó el análisis granulométrico en laboratorio con el método de hidrómetro, por las características del material recuperado que principalmente corresponde a finos (Flores y Alcalá, 2010). Los datos registrados se procesaron con la ecuación 3 para obtener los diámetros de las partículas y el porcentaje de material fino que pasa cada rango de diámetros. Los resultados derivados del análisis se presentan en las gráficas de distribución granulométrica (ver Anexo 6).

La finalidad de realizar el análisis granulométrico fue correlacionar los diámetros representativos de cada muestra con su velocidad de sedimentación. A partir del diámetro obtenido y empleando la ecuación 2, que proporciona una relación entre la velocidad de sedimentación de las partículas del suelo en un fluido y el tamaño de esas partículas, se calcularon los valores de sedimentación.

7.4 PROPUESTA DEL PLAN DE ACCIÓN

Para la elaboración de la Propuesta del Plan de Acción se adaptó la matriz de plan de acción de Gelfius (2002) y la metodología de Vélez, Otálvaro y Navarro (2014).

La metodología se realizó en dos fases, diagnóstico y formulación (Vélez et al., 2014). En el diagnóstico se identificaron los conflictos y problemáticas, a partir de la información derivada de un taller, entrevistas y evaluación de las obras de recarga, la cual se analizó y concentró en

cuadros. En la formulación se definieron los objetivos y proyectos a implantar, con el fin de solucionar la problemática identificada en el diagnóstico, y se establecieron los tiempos y responsables.

Finalmente se trianguló la información para validar y/o complementar la Propuesta del Plan de Acción. Esta triangulación consistió en la verificación de cada una de las situaciones planteadas (Taylor y Bogdan, 1987).

VIII RESULTADOS Y DISCUSIONES

8.1 IDENTIFICACIÓN DEL CONTEXTO ALREDEDOR DEL RECURSO AGUA Y LAS OBRAS DE RECARGA ARTIFICIAL

Los primeros diálogos con las personas y acercamientos a SACV construyeron el contexto social y físico en que se desarrollan y realizan las acciones alrededor del agua, y en especial de las obras de recarga. La información que expresaron los pobladores en esta etapa se presenta en los párrafos siguientes de este apartado. El propósito es desarrollar una introducción del tema, antes de abordar los resultados del apartado de percepción y ética del agua del presente trabajo.

Disponibilidad del agua en la comunidad

Según los comentarios de los adultos mayores, en San Antonino Castillo Velasco, “el agua era abundante y había nacimientos de agua en diversos lugares. Alrededor de los años 60 y 70, el espejo de agua se encontraba en profundidades de 4-6 metros en los pozos de aprovechamiento, el agua era extraída a cantaros, y en una hectárea existían alrededor de 24 a 32 pozos” (Comunicación personal Comité de Agua de SACV, 2016).

En los terrenos de cultivo de la comunidad existían obras de infiltración de agua, éstas eran zanjales o canales, las cuales tenían en promedio una profundidad de 1.5 a dos metros de ancho. Sin embargo, comenzaron a desaparecer con el uso de tractores agrícolas en el campo, porque necesitaban espacio suficiente para transitar. Con el empleo de esta maquinaria agrícola, la vegetación se vio afectada por la tala de los árboles entre ellos los Huamúchiles (*Pithecellobium dulce*), actualmente quedan algunos ejemplares en la comunidad.

Según la observación de los adultos mayores cada 10 años el nivel del agua disminuye en los pozos de aprovechamiento, por ello, algunos empezaron a retener los escurrimientos que pasan en los arroyos durante la temporada de lluvias. Esto motivó a realizar acciones, así en el año de 1991 se construyó el primer reten de la comunidad, con materiales locales, piedras y madera.

Origen de las obras de recarga (pozos de absorción)

En comentarios de los pobladores, la crisis de escasez del agua se generó alrededor del año 2000, durante la sequía, el agua se encontraba a una profundidad de 30 metros en los pozos de aprovechamiento y para su extracción llegaron a utilizar hasta dos bombas. Las consecuencias de esta crisis fueron principalmente el abandono del campo, y la migración local y regional. Los campesinos buscaron empleos en comunidades vecinas, algunos se dedicaron a actividades diferentes a la agricultura.

Los primeros pozos de absorción empezaron a implementarse en la comunidad, algunos pozos de aprovechamiento que fueron abandonados debido a la sequía, posteriormente los adaptaron en pozos de absorción, alrededor de los años 2008-2009, estos pozos fueron denominados como pozos de recuperación o rescate. Con la habilitación de estos pozos, los campesinos comenzaron las acciones de recarga de agua de forma intensiva en la comunidad.

En los años 2009-2010, los pobladores empezaron a notar los resultados de las acciones de recarga del agua subterránea, observaron que el nivel del agua ascendía en los pozos de aprovechamiento, y con ello se retomó la actividad del campo.

Las actuales obras de recarga fueron posteriormente implementadas en la comunidad, ya diseñados especialmente para la recarga, por lo cual las edades de los pozos oscilan de uno a 13 años de construcción.

Construcción del territorio actual-línea del tiempo

La línea del tiempo se presenta en la Figura 10, la cual se socializó y se entregó impresa en cartel a la autoridad y participantes del taller para que dicha información formara parte de la recuperación de su historia y valorización de su entorno.

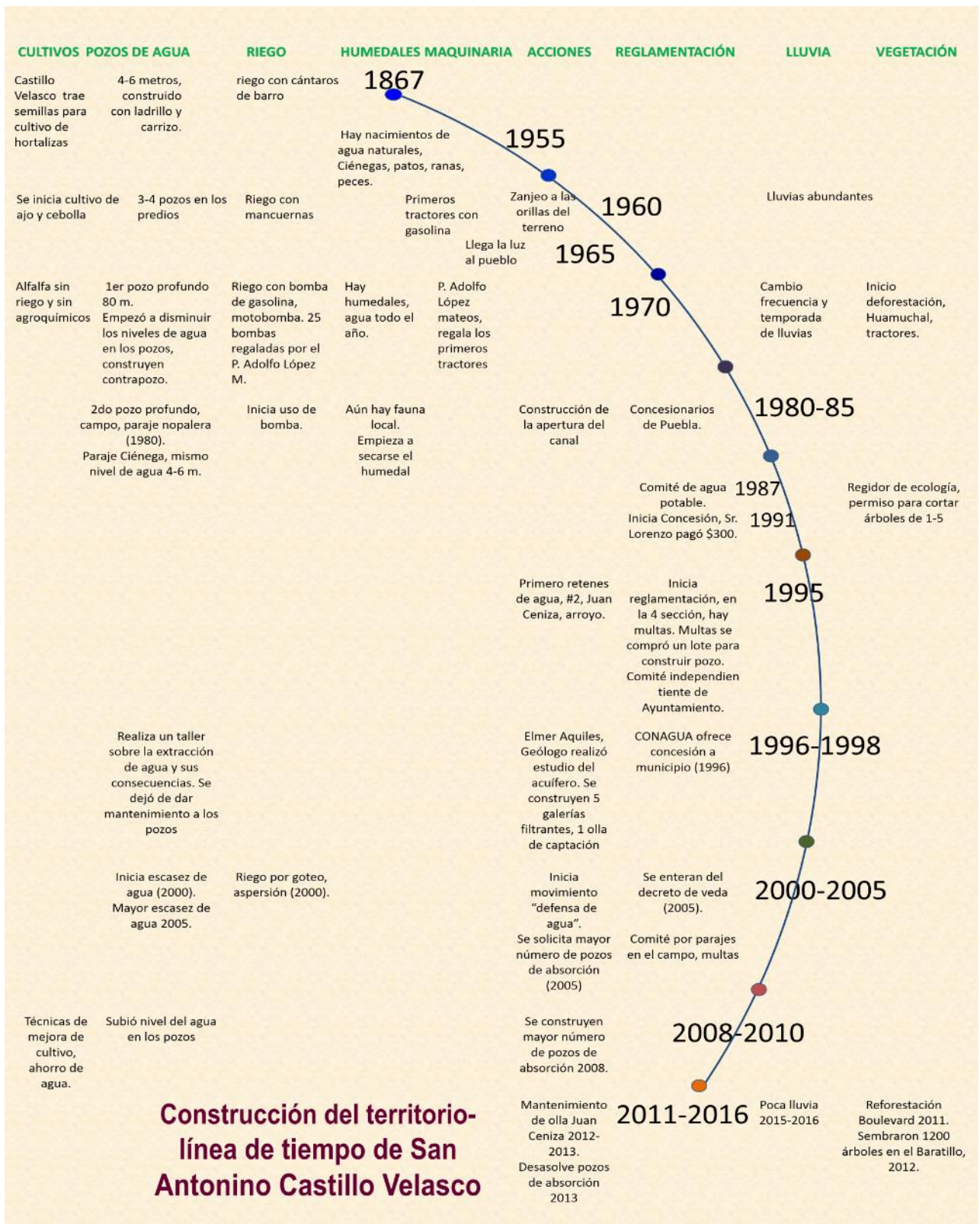


Figura 10. Línea de tiempo de San Antonino Castillo Velasco, Ocotlán.
Fuente: Elaboración propia.

Toma de decisiones sobre el agua y obras de recarga

Según los participantes del taller, las decisiones sobre el agua y las obras de recarga en SACV se realiza en: a) la unidad familiar, el jefe o jefa de familia es quien toma las decisiones, b) dentro de la comunidad, el pueblo y la autoridad a través de la asamblea, y c) fuera de la comunidad, la unidad familiar, la comunidad y CONAGUA participan en las decisiones.

Equidad en la participación

La actividad “Equidad en la participación” (Anexo 1) permitió identificar la participación de los diferentes grupos de edad y género en diversas actividades, como se muestra en la Figura 11. De las siete actividades propuestas, en dos de ellas participan todos (mujeres, hombres, jóvenes, niños, y adultos mayores), ahorro del agua y captación de agua de lluvia, y en cinco actividades los niños no participan.

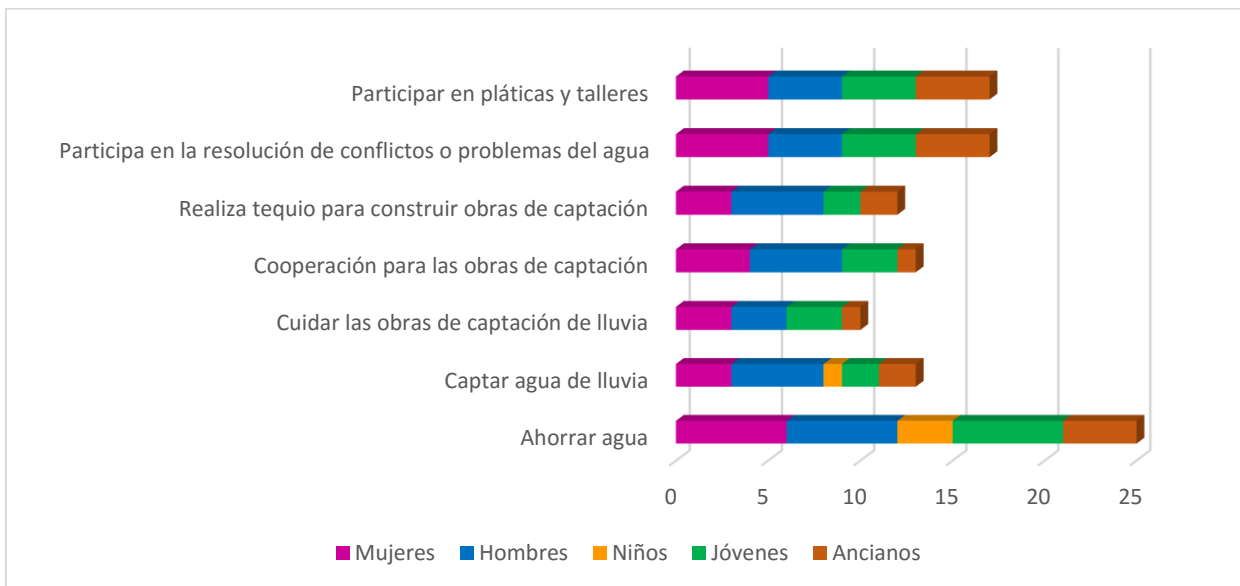


Figura 11. Equidad en la participación. Elaboración propia

Problemas

Los asistentes al taller mencionaron doce problemas relacionados con el agua, según el orden de importancia fueron: falta de organización comunitaria, deforestación, escasez de lluvia, contaminación, pérdida de fe en el agua y en lo divino, falta de concientización de la comunidad, mal uso del agua y riego ineficiente, desconocimiento del valor de uso del agua,

indiferencia de las personas hacia el tema del agua, escasa gestión, ineficiente comunicación entre la autoridad y el pueblo, y cuestionamientos de las personas de la comunidad con las actividades que se realizan para cuidar y captar el agua.

8.2 PERCEPCIONES DE LA RECARGA DE AGUA SUBTERRÁNEA

Los resultados de las percepciones de los entrevistados, sobre el agua y las obras de recarga han sido agrupados por categorías, subcategorías y afirmaciones, y ordenados en cuadros. Las principales afirmaciones de las subcategorías son descritas, acompañadas de algunas citas textuales de las entrevistas. En los siguientes apartados se desarrollan los temas de las cinco categorías.

8.2.1 PERCEPCIONES DEL AGUA EN LA COMUNIDAD

Los resultados obtenidos sobre las percepciones del agua en la comunidad se muestran en el Cuadro 9. De acuerdo con la información contenida en dicho cuadro, las personas de la comunidad de San Antonino Castillo Velasco, conciben el agua en cuatro nociones, ordenadas según su importancia. La función vital fue vinculada con términos como vida, vital y fue la principal concepción; la segunda la relacionaron con las necesidades del ser humano, servicios; el tercero como medio de producción en las actividades agrícolas y comerciales; y la función sistémica, imprescindible para todo. Los siguientes comentarios de los entrevistados muestran el valor tan alto que le dan al agua:

“Es la vida es nuestro alimento, nuestra sangre, significa mucho el agua, es lo principal” (Mujer de 68 años).

“Es el más importante, sin el agua no se puede hacer nada, importante para nosotros y todos los seres vivos” (Mujer de 46 años).

“Es la base principal, el agua es la vida que nosotros tenemos” (Hombre de 58 años).

Los pobladores conocen y nombran el agua subterránea como “veneros”, nacimientos de agua bajo la tierra. Distinguen que éstos no se distribuyen de manera homogénea en la comunidad por causas físicas, la presencia de material rocoso impermeable limita su extracción a mayores

profundidades. En los lugares identificados como zonas altas de la comunidad, los habitantes mencionaron la existencia de dicho material en profundidades de 22-25 m y que en esta zona ya no encuentran agua. Mientras que en las zonas bajas del municipio, señalaron la localización de agua a mayores profundidades (50-70 m). Esta validación se da por los pobladores durante la construcción de los pozos de aprovechamiento. Así mismo, confiesan que la presencia del agua subterránea en un lugar, les origina altas expectativas de construir un pozo y aprovecharlo.

Con respecto al conocimiento del agua subterránea por los habitantes de San Antonino Castillo Velasco, existe la noción del movimiento del agua subterránea, que es continuo, a partir de los cambios observados del nivel freático en los pozos noria, incremento de los niveles en la temporada de lluvias, y descensos en la temporada de estiaje y en periodos de sequías. Establecen una correspondencia de estos cambios con los fenómenos climáticos. Asimismo, reconocen que hay una relación en la recuperación y disponibilidad del agua subterránea con la implantación de los pozos de absorción. En la recuperación de los niveles del agua en los pozos de aprovechamiento, mencionaron que no fue homogénea en todos los terrenos, aunque no indicaron cual pudiera ser la causa de este proceso. Es así que, a partir de la observación permanente en el comportamiento del agua en sus pozos noria, los habitantes de SACV construyeron este conocimiento.

Los entrevistados mostraron tener noción de la contaminación del agua, en parte lo atribuyen al vertido de las aguas negras procedente de la comunidad de Ocotlán, el uso de los agroquímicos en los cultivos y por la basura que arrojan en los arroyos de la comunidad.

Otro punto que señalaron del agua subterránea fue el concepto de escasez, las personas indicaron que anteriormente el líquido era abundante en la comunidad y no existía escasez en la comunidad, a diferencia de la época actual el agua ya es precaria. Más que un conocimiento, para los pobladores el agua subterránea representa múltiples beneficios.

Las respuestas de las percepciones del agua en la comunidad se presentan sintetizadas en el siguiente Cuadro.

Cuadro 9. Categoría de percepciones del agua en la comunidad, según los 27 entrevistados.

Categoría: percepciones del agua en la comunidad	
Subcategorías	Afirmaciones
Concepto del agua	<ul style="list-style-type: none"> ~ Función vital ~ Servicios ~ Medio de producción ~ Función sistémica
Conocimiento local del agua subterránea	<ul style="list-style-type: none"> ~ Movimiento del agua subterránea ~ Cambios en el nivel freático ~ Escasez ~ Beneficios ~ Obras de recarga ~ Relación con la lluvia ~ Contaminación

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del presente estudio.

Los resultados de la percepción del agua por los habitantes de SACV, muestran la importancia de este recurso para los pobladores, hallazgos similares obtuvieron Martínez (2012); Callejas, Antia y Arias (2011), sobre la valoración sociocultural en una comunidad del estado de Campeche y del estudio realizado en una cuenca alta del río Pasto en Colombia, respectivamente. El primer autor identificó representaciones del agua, que vinculan con términos como vida y vital y estas concepciones simbólicas que la comunidad tiene sobre el agua, fueron interpretadas como sigue: “el agua es vida y representa un recurso vital, ya que es indispensable y necesaria en el desarrollo de diversas actividades” (Martínez, 2012, p. 110). El segundo autor señaló que los habitantes reconocen la importancia del agua y la cuenca, como parte vital e indispensable en las actividades comerciales y de subsistencia.

También, los resultados encontrados son semejantes con los obtenidos por Sandoval (2011) en la valoración cultural y económica del agua. En suma, los resultados muestran que existe una valoración del agua en la comunidad con una visión holística y vital para todos los seres vivos.

El conocimiento identificado de los entrevistados sobre el agua subterránea se relaciona con nociones, ideas, conceptos (ver Cuadro 9). Algunas de estas nociones son parecidas a las que encontró Nava (2015), en administradores de los cenotes en la Península de Yucatán, tales como los cambios en los niveles del agua.

Los pobladores de SACV construyeron los conocimientos del agua subterránea a partir de la observación (cambios del nivel del agua en los pozos) y uso del agua. Esta reflexión también concuerda con el trabajo de Nava (2015). Debido a las características físicas del acuífero y al desconocimiento de conceptos hidrogeológicos por los pobladores, importantes para mejorar la comprensión del funcionamiento del acuífero, producen una situación compleja, por la falta de información o educación hidrogeológica.

Según los resultados del presente estudio los habitantes de San Antonino manifiestan tener conocimiento de la contaminación de las aguas subterráneas, en específico por el uso de agroquímicos en la agricultura. Este conocimiento identificado en el presente estudio coincide con los resultados de Callejas et al. (2011).

Los usuarios del agua subterránea necesitan tener los conocimientos, para entender que las actividades humanas pueden poner en riesgo la disponibilidad y calidad del agua, y a la vez puedan actuar o implementar medidas de protección, es bajo este supuesto que partimos para la creación de un Plan de Acción.

8.2.2 PERCEPCIONES DE LAS OBRAS DE RECARGA

1) Origen en la construcción de las obras de recarga

La idea de construir los pozos de absorción surgió de los mismos pobladores, se originó a raíz de la problemática, la falta de agua para riego, la presencia de un proceso de sequía en los años 2005-2008, la migración y abandono de terrenos agrícolas, esto derivó en la búsqueda de soluciones colectivas, la divulgación por algunos pobladores de casos de éxito de recarga artificial y la invitación a participar en la construcción de estas obras, así como el aprovechamiento de obras construidas (pozos de aprovechamiento abandonados) (ver Cuadro 10). Los comentarios siguientes lo afirman.

“Por la misma necesidad de que el agua se nos ha ido escaseando, desde que ya no llueve ya antes se ha ido demorando los mantos freáticos, de ahí surge un grupo de personas que también buscaron la forma de hacer pozos de absorción, de ahí vino la idea de nosotros también de hacer uno por acá y a nosotros nos beneficia más porque estamos en la parte alta del municipio de los campos, por la escasez y para inyectar el agua se crearon los pozos” (Hombre de 65 años).

“...la idea es de los campesinos, ellos son los que se organizaron y de allí surgió la idea de tratar de tener más agua en los pozos, entonces dijeron: ¿bueno cómo le hacemos? Empezaron a ver la forma...” (Mujer 43 años).

“Emigré a otro pueblo por lo que ya no teníamos agua, cuando no teníamos nada de esto (pozos de absorción) y poco a poco se fue escuchando de los señores de por acá arriba, fallecido señor Delfino y el señor Elías, me acerqué y me apoyaron con la idea, me apoyaron con unos tubos y de allí fue naciendo la idea de hacer pozos de absorción” (Hombre de 40 años).

En la zona de estudio, los pozos de absorción se localizan en propiedades privadas, y en áreas comunes, como son las orillas de los caminos, en los terrenos de cultivos y en las banquetas de la zona urbana. De acuerdo a la respuesta de los entrevistados (ver Cuadro 10), la selección de los sitios para la ubicación de las obras de recarga correspondió a: 1) la presencia de corrientes superficiales durante la temporada de lluvias; 2) la disponibilidad de una infraestructura civil, como las cubiertas de los invernaderos que captan agua pluvial; 3) la presencia de pozos de aprovechamiento abandonados por la sequía; y 4) la disposición de espacios abiertos en viviendas, como patios. En los siguientes párrafos se expresan los comentarios de la elección de los sitios en el establecimiento de las obras, de tres personas entrevistadas.

“Nosotros vimos donde baja el agua para poder captarla, porque si la pusiéramos en un lugar donde el agua no pasa, el agua no penetraría en los pozos de absorción y entonces no se distribuiría...” (Hombre de 47 años).

“El primero lo ubicamos allá porque había un pozo anterior un pozo antiguo que ya no se ocupaba tenía relleno y lo vaciamos, y estos por el nivel que tienen los invernaderos para el desagüe...” (Hombre de 40 años)

“Mi papá se ofreció para poner el pozo de absorción se armó un Comité de esta calle, mi papá apoyo donde se iba a poner el pozo, el lugar que quedaría, no había problema para él porque ese espacio no lo ocupaba” (Mujer de 24 años).

Para la construcción de las obras, las personas acudieron a solicitar apoyo con: las autoridades del municipio, personas diferentes a la autoridad, y otros no acudieron con alguna institución

o comité, gestionaron la obra con recursos propios o su pozo abandonado fue habilitado como pozo de absorción.

En la construcción de las obras de recarga, la mayoría de las personas indicó que no encontraron dificultades, al contrario, hubo facilidades, apoyo con las autoridades y habitantes, sin embargo, solamente pocos entrevistados comentaron que encontraron obstáculos de tipo social, técnico y físico.

Cuadro 10. Origen y creación de las obras de recarga, según los 27 entrevistados.

Categoría origen en la construcción de las obras de recarga (pozos de absorción)	
Subcategoría	Afirmaciones
Motivación para construir obras para recarga	<ul style="list-style-type: none"> ~ Necesidad del agua de riego ~ Presencia de sequía ~ Fomento de este tipo de obras ~ Conocimiento de un caso exitoso ~ Migración
Criterios de selección de los sitios para la obra	<ul style="list-style-type: none"> ~ Presencia de corrientes superficiales en la temporada de lluvias ~ Infraestructura civil como techumbres o cubiertas que colectan el agua pluvial ~ Espacios abiertos disponibles ~ Pozos de aprovechamiento abandonados
Apoyo para la instalación de las obras	<ul style="list-style-type: none"> ~ Solicitud con las autoridades del municipio ~ Grupos organizados no gubernamentales ~ Recursos familiares propios
Dificultad en la creación de las obras	<ul style="list-style-type: none"> ~ Ninguna ~ Conflictos con los vecinos ~ Carencia de conocimientos técnicos ~ Medio físico no competente

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del presente estudio.

Los resultados del origen de construcción de las obras de recarga en SACV indican que se debió principalmente a la necesidad del agua para el riego. En comparación con otros estudios sobre el origen de las obras hidráulicas coincide con el trabajo de Palerm (2004), en el Valle de

Tehuacán, Puebla, las galerías filtrantes son construidas por los campesinos y utilizadas para el riego. Así también en la zona de Cochabamba, Bolivia, los campesinos construyeron galerías rústicas para la agricultura y población. En contraste con 15 casos en diversas zonas de Perú, a partir de una serie de necesidades socio-económicas y culturales, las comunidades implementaron prácticas que contribuyen con la recarga hídrica y cosecha de agua, a través de diferentes estructuras u obras hidráulicas.

En todos los casos incluyendo el de SACV, el detonante fue el déficit hídrico, las poblaciones presentaron diferentes necesidades tales como escasez histórica de agua, deterioro de los ecosistemas en determinadas zonas de la cuenca que en un futuro afectaría la regulación hídrica, necesidad de aprovechar el agua que se perdía por escorrentía superficial, la sequía e irregularidad de las precipitaciones, y algunos casos estaba relacionado con problemas de gestión del recurso (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2016).

Estas experiencias muestran que la motivación para realizar prácticas de recarga hídrica son diversas, pero en todas ellas coincide el déficit hídrico, y también se da por las necesidades sociales y económicas.

En cuanto al apoyo solicitado a otros para la construcción de las obras de recarga, se encontraron tres situaciones, en la primera se acudió a la autoridad municipal. En comentarios de los entrevistados en ese tiempo la autoridad asignó un recurso económico para la construcción de obras de recarga. Fue importante la gestión que realizaron los pobladores y el apoyo recibido, sin la cual les hubiera generado dificultades en la construcción. En la segunda, el apoyo vino de los vecinos, familiares, amigos; y en la tercera, no se buscó ayuda, con recursos propios instalaron la obra. En este último caso, la obra se encuentra en una propiedad privada y no comparten su uso o responsabilidad con otras personas.

Esta forma de resolver o gestionar con aportes del gobierno o recursos propios la instalación de obras hidráulicas, concuerda con el trabajo de Sandoval (2011), en el manejo comunitario del agua en la Ciénega de Chapala, Michoacán, los habitantes de esta comunidad ante la necesidad de tener agua para uso doméstico, aportaron en mano de obra y dinero, así también solicitaron ayuda a las autoridades correspondientes.

2) Beneficios de las obras de recarga (pozos de absorción)

Las percepciones representativas de los beneficios de las obras de recarga se muestran en el Cuadro 11. Las personas reconocen que las obras de recarga les traen beneficios, directos e indirectos, colectivos e/o individuales; de los primeros están la disponibilidad del agua para uso agrícola, el aumento de los niveles freáticos en los pozos de aprovechamiento, la estabilidad del nivel freático en la temporada de estiaje, y la reactivación del campo; de los indirectos, la reducción de la migración y obtención de agua para otros usos diferentes a los agrícolas. Estos beneficios se ejemplifican por el relato de uno de los entrevistados:

“...el beneficio es muy grande, y no solamente es para mí, no se da cuenta la gente, a lo mejor se da cuenta, pero está cerrada, porque no nada más para mi es el beneficio, es para todos los vecinos. El beneficio fue muy grande de que empezó a ver agua ya no emigro y tengo suficiente agua para regar mi terreno. Subió incluso, estas aguas que pasaron en el mes de junio a principio de junio se llenaron, estamos subiendo dos veces el motor (de la bomba), toda la temporada que ha pasado no se ha secado, igual los vecinos, acá el señor ya no sembraba y ahora está sembrando, ha sido muy bueno...” (Hombre de 40 años).

Los usuarios admiten que hay beneficios principalmente en el campo, especialmente porque los campesinos disponen de agua suficiente para riego de hortalizas y flores. La reactivación del campo conllevó a su vez a la generación de empleos locales y bienes económicos. En general, los resultados favorables han motivado a los usuarios a continuar en la construcción nuevas obras, y que otros pobladores se convenzan de sus ventajas.

Para los habitantes de SACV, los aspectos que han ayudado al buen funcionamiento de las obras son: la organización, la integración y el trabajo de los Comités de Agua en el mantenimiento de los pozos de absorción y pozos areneros, así como la limpieza del área circundante; el apoyo de la autoridad en el mantenimiento; la asesoría técnica; y la selección de los sitios de la ubicación de las obras.

“...formando un Comité y por medio de ese Comité se pone a trabajar, para ir a meterle la idea a los vecinos, el Comité va a hacer las invitaciones a los vecinos para sacar esos trabajos...” (Hombre de 65 años).

De las propuestas de mejora para las obras de recarga, los entrevistados mencionaron principalmente aspectos de gestión técnica, tales como: ubicar en material permeable (arena,

grava) durante la excavación para facilitar la infiltración del agua, construcción de obras (pozos areneros) que reduzcan el ingreso de sedimento en los pozos de absorción, ampliación del tamaño de las rejillas de los pozos areneros, ya que algunas son pequeñas y se sellan con facilidad de basuras y sedimento. También señalaron que es importante la continuidad de las actividades de los Comités de Agua, y la construcción de nuevas obras.

“...darles mantenimiento, ubicarlos mejor, porque cuando los hicieron donde cayera, ahora ya no, porque los que se hicieron allí, pues ya quedaron ahí, ahora a esos hay que hay que darles mantenimiento, pero si se van a hacer más en un futuro pues ya ubicarlos mejor...” (Mujer de 43 años).

“...Que cuando hagan los pozos que lleguen a cierto arenero uno o dos areneros, porque ahí se filtra el agua ahí es donde consume, el agua se desaparece, porque si llegamos una tierra dura, no va a funcionar es como los retenes se vuelve lodo se mantiene el agua y no consume. Llegar a cierta profundidad donde hay arena, porque hay capas, descubrirla y si hay otra capa más abajo igual descubrirla, esos son los que alimentan, esos son como una esponja absorben toda el agua...” (Hombre de 40 años).

En cuanto a la problemática que presentan los pozos de absorción, los usuarios indicaron cuatro. La primera, deficiente calidad del agua para recargar, lo relacionan con las prácticas agrícolas. Los campesinos utilizan agroquímicos, existe el acopio de botes de agroquímicos para evitar que se abandonen en los campos, sin embargo, las personas señalaron que no todos los campesinos han contribuido a la recolección de los botes vacíos, algunos de estos recipientes terminan abandonados en los campos, como se muestra en el comentario:

“...El único detalle es pues que, como aquí en el campo se utiliza mucho insecticida, vemos a veces a los compañeros cuando terminan los botecitos de utilizar, los dejan tirados y eso es lo que contamina mucho, no tienen la curiosidad de embolsarlo y mandarlo al centro de acopio de basura...” (Hombre de 47 años).

Otras problemáticas señaladas son: desinterés de los usuarios hacia el mantenimiento de las obras, perciben que en algunos casos ya se han recuperado los niveles del agua o ya no existe el interés en dichas actividades; deficiente funcionamiento de la obra, señalaron que en algunas obras la infiltración del agua ocurre de forma muy lenta o casi nula, y el nivel freático no aumenta en los pozos de aprovechamiento cercanos a estos.

La mediación de los problemas en parte se ha dado a nivel local con la intervención de las autoridades del municipio. Las autoridades cerraron las obras donde ingresaban

escurrimientos con agua de mala calidad, y exhortó a las personas que evitaran arrojar basura en los arroyos en la temporada de lluvias.

Con respecto a la asesoría que han recibido los usuarios para el mantenimiento y mejora en el funcionamiento de las obras, ésta la promovió el municipio, los Comités de Agua, Organizaciones no Gubernamentales y también de las pláticas entre los mismos pobladores. Otros indicaron que no han recibido asesoría del tema.

Por una parte, comentaron que el Comité de Agua informa en las asambleas la importancia de realizar el mantenimiento e invita a participar. Por otra parte, las ONG's además de la asesoría que brindan para efectuar el mantenimiento, han proporcionado información referente a la construcción de las obras, estas acciones se han dado de forma aislada y no es generalizada en la población. Las percepciones representativas de los beneficios de las obras de recarga se muestran en el siguiente Cuadro 11.

Cuadro 11. Percepciones representativas de los beneficios de las obras de recarga, según los 27 entrevistados.

Categoría: Beneficios	
Subcategoría	Afirmaciones (percepciones representativas)
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> ~ Disponibilidad del agua para uso agrícola y otros ~ Recuperación del nivel freático en los pozos de aprovechamiento ~ Permanencia del nivel freático durante el estiaje ~ Beneficio para otros pozos de aprovechamiento ~ Reactivación del campo ~ Reducción de la migración ~ Reducción de los costos de bombeo ~ Ampliación de los tiempos de bombeo
Aspectos que ayudan al funcionamiento de las obras	<ul style="list-style-type: none"> ~ Mantenimiento continuo de las obras ~ Apoyo de la autoridad para realizar el mantenimiento ~ Integración de los Comités de Agua y su participación activa ~ Asesoría técnica de instituciones externas ~ Selección de sitios en la ubicación de las obras
Propuestas de mejora	<ul style="list-style-type: none"> ~ Gestión técnica externa y capacitación ~ Continuidad de la gestión municipal de las obras de recarga ~ Continuidad de las acciones de los Comités de Agua ~ Construcción de nuevas obras
Problemática	<ul style="list-style-type: none"> ~ Desinterés para realizar el mantenimiento ~ Deficiente calidad del agua para recargar ~ Deficiente funcionamiento de la obra ~ Acumulación del sedimento ~ No existe una normatividad local para estos trabajos
Asistencia técnica	<ul style="list-style-type: none"> ~ Existe asesoría <ul style="list-style-type: none"> • En el mantenimiento y la construcción de las obras por parte del municipio y ONG's • Para el mantenimiento de las obras por parte del Comité de Agua ~ Existe intercambio de información entre los usuarios de las obras ~ Nula asistencia técnica

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del presente estudio.

Entre los beneficios de las obras de recarga mencionados por los habitantes de SACV, se encontró que algunos son semejantes con los que encontraron Machaca et al. (2014), en comunidades indígenas de Perú en proyectos de siembra y cosecha de agua de lluvia, tales como el aumento de las aguas subterráneas, mejora de la producción y la economía familiar, y disminución de la migración. Cabe aclarar que la información que sistematizaron los autores mencionados anteriormente corresponde a varias comunidades de la zona estudiada y a dos décadas de haberse implementado dichas obras. A diferencia de lo que se estudió en el presente trabajo, que corresponde a una comunidad y con menor tiempo transcurrido en la instalación de las obras por los habitantes.

En comparación a los beneficios encontrados con represas rústicas y diques en comunidades de una microcuenca en Cusco, Perú, se mencionan la recarga hídrica y disponibilidad del agua para diferentes usos, forraje para ganados, bienes ambientales y paisajísticos, y fortalecimiento de la organización social, estos dos últimos no se han mencionado en la zona de estudio (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2016).

En el trabajo de Machaca et al. (2014) se mencionan beneficios de índole social, principalmente el fortalecimiento de la organización social a través del trabajo colectivo durante el mantenimiento de diferentes infraestructuras y la replicación de las prácticas en la comunidad. Así también señalan la conformación de comités de usuarios, pero en las apreciaciones de los pobladores de SACV no se mencionaron como tales dichos beneficios por los entrevistados, pero están implícitos, esto es evidente en la integración y presencia de Comités de Agua en la comunidad.

Los trabajos mencionados y el presente muestran los múltiples beneficios que conllevan las acciones de recarga hídrica, alrededor de las obras hidráulicas, además de incrementar la disponibilidad del agua, consigo traen otros bienes ambientales y sociales.

3) Participación en el mantenimiento de las obras

Los resultados de la participación de las personas en el mantenimiento de las obras de recarga se resumen en el Cuadro 12.

El mantenimiento de las obras de recarga consiste en: desazolve de la obra, pozo de absorción y pozo arenoso cuando existe, limpieza de las zanjas, coladeras, tuberías de PVC, y áreas aledañas a la obra. Estas actividades se realizan manualmente por parte de los usuarios, no requiere maquinaria pesada como el caso de obras grandes, por ejemplo, las ollas de captación.

Los entrevistados mencionaron que el mantenimiento de las obras se realiza cada año o dos como máximo, antes o durante la temporada de lluvias. El tiempo para realizar estas actividades va de uno a cinco días, de tres a seis horas por día y participan de tres a 12 personas, esto depende del número de obras que limpian, la cantidad de sedimento acumulado y la cantidad de personas que participan. Los grupos de trabajo se integran por los usuarios y personal del municipio o no se forman grupos, solamente el responsable o dueño de la obra realiza la actividad.

La convocatoria para la realización del mantenimiento es a través del municipio, en las asambleas, la autoridad invita a los usuarios de las obras, y asimismo los Comités de Agua hacen llegar la invitación a los demás integrantes. Según comentarios de los pobladores, en este año se trabajó de ese modo.

Cabe mencionar que no existe un registro o control en la programación de las actividades, tampoco hay sanciones o penalizaciones cuando no se cumplen. Por parte del municipio, registró las obras desazolvadas del año 2017.

Con respecto a la contribución que realizan las personas en las actividades del mantenimiento, casi la mitad de los entrevistados indicó que sí aporta, con herramientas, mano de obra, recursos económicos, o alimentos; y el Municipio contribuye con mano de obra.

En la participación de las actividades de mantenimiento de los pozos de absorción, aproximadamente la mitad mencionó que participa, principalmente del sexo masculino. También algunas mujeres mencionaron que contribuyen con la preparación de los alimentos y otras actividades complementarias para ese fin.

“... comidas y agua, aunque no todas las veces...” (Mujer de 45 años).

Otros comentaron que participan de manera indirecta, buscan gestionar con el municipio, contratan a poceros, o delegan la actividad a un familiar. Algunos ya no participan, porque son adultos mayores o simplemente suspendieron su apoyo.

“...mi hermano es el que va, todo un día se va a limpiar, ahorita por ejemplo nacieron estos pastos, pero con la pala ya lo van a limpiar, para cuando se venga el agua ya está limpio, nacen los pastitos se tiene que limpiar en la orilla...” (Mujer de 55 años).

La responsabilidad para realizar el mantenimiento de las obras se atribuye principalmente al jefe de familia, a los Comités de Agua, y en menor proporción, al municipio, todos los involucrados, y algunos comentaron que no existe ningún responsable.

En el Cuadro 12 se presenta los principales resultados de quien, cuando y como participan las personas en el mantenimiento de las obras de recarga.

Cuadro 12. Participación en el mantenimiento de las obras de recarga, según los 27 entrevistados.

Categoría: Mantenimiento	
Subcategoría	Afirmaciones
Niveles de participación en las actividades del mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> ~ Participa ~ Participación indirecta <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestión con el municipio para la realización de la actividad ▪ Contratación de un tercero para realizar el mantenimiento ▪ Delegar la actividad a un familiar ~ No participa
Número de personas que participan	<ul style="list-style-type: none"> ~ 3 a 12 personas (personal del municipio y usuarios) ~ uno o dos poceros contratados
Tiempo de dedicación	<ul style="list-style-type: none"> ~ Cada año, dos, y más años ~ Antes o durante la temporada de lluvias ~ 1-5 días ~ 3-6 horas
Medios de aportación	<ul style="list-style-type: none"> ~ Herramientas ~ Mano de obra ~ Recursos económicos ~ Alimentos
Convocatoria	<ul style="list-style-type: none"> ~ Municipio realiza la invitación en las asambleas ~ Comités de Agua (parajes, calles) invita a los integrantes ~ Difusión entre vecinos
Responsabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ~ Jefe de familia ~ Comités de Agua ~ Dueño del predio ~ Municipio y ONG ~ Todos ~ No hay

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del presente estudio.

La participación de los usuarios en el mantenimiento de las obras de recarga en SACV, acontece de forma similar que en los sistemas de riego tradicionales en Bolivia (Alarcón, Gutiérrez y Saldías, 2011), sobre todo en lo que se refiere al aporte que realizan los beneficiarios (en mano de obra y dinero), siendo este el más importante de todos. Las otras características que

mencionan los autores anteriores, como la programación de actividades, las reglas establecidas, la capacidad organizativa y el encuentro de los beneficiarios en las tareas con evocaciones de fiesta o rito al agua e intercambio de conocimientos, no fueron manifestados o se presentan de manera sutil y parcial, no es general en la comunidad. Los elementos señalados en el mantenimiento de los sistemas de riego tradicionales en Bolivia, han guiado la práctica y garantizan que sean sostenible en el tiempo (Alarcón et al., 2011), esta práctica y elementos indicados pueden orientar hacia la mejora en el mantenimiento de las obras de recarga en la zona de estudio.

En otros trabajos, también se asemeja la forma de participación descrita en la zona de estudio en el mantenimiento de estructuras hidráulicas, como en Sandoval (2011), los usuarios del agua son quienes realizan el mantenimiento de las obras, con trabajo y recursos económicos, en las localidades de la Ciénega de Chapala, Michoacán; y en Villegas (2010), los habitantes se encargan de la operación y mantenimiento, a través de apoyo económico y mano de obra, de los sistemas de abasto de agua potable, en cuatro comunidades de Texcoco estado de México.

El mantenimiento constituye la base para la operación y larga vida en los sistemas de agua. Tiene que ver con los diversos trabajos necesarios para asegurar el funcionamiento de las obras, y un buen mantenimiento va a permitir la durabilidad de éstas, uno de los aspectos más importantes. Para ello es necesario seguir un programa que contenga los siguientes pasos: realizar un inventario de todas las obras que lo precisan, determinar el volumen de los trabajos que se realizarán cada año, establecer el ciclo óptimo de mantenimiento para cada tipo de obra, determinar los requerimientos de maquinaria y mano de obra, elaborar el presupuesto, y establecer prioridades (Alarcón et al., 2011).

En los párrafos anteriores se hace evidente la necesidad de un programa de mantenimiento, para lograr el buen funcionamiento de las obras de recarga en SACV, e importante que continúe la participación de los usuarios. Actualmente los usuarios y autoridades no tienen un programa de mantenimiento, así las recomendaciones anteriores pueden ser de gran utilidad.

4) Organización

La organización que existe alrededor de las obras, las ventajas y propuestas de mejora se muestra en el Cuadro 13. Las personas identifican dos tipos de organización, en la primera (unidad familiar) existe cuando la obra está instalada en una propiedad privada, y los usuarios son miembros de un mismo grupo familiar, no participan otras personas. Mientras que en la segunda (Comité de Agua), lo integran vecinos y diferentes familias que interactúan cotidianamente. Estos grupos se identifican en la comunidad por parajes cuando las obras se ubican en el campo y alrededores de la zona urbana, y por grupos vecinales si están dentro la zona urbana.

Los usuarios mencionaron que existen ventajas cuando pertenecen a un Comité de Agua, porque pueden realizar gestiones en el municipio, encuentran apoyo y participación entre los integrantes, y existe representación en las asambleas. En general para las personas pertenecer a un Comité de Agua representa beneficios.

Algunos usuarios indicaron que es complicado organizarse, ya que no todos muestran interés en las actividades, perciben que se ha perdido la motivación para trabajar en el campo, y existe el individualismo.

Para fortalecer la organización, los entrevistados sugirieron mayor dialogo entre los usuarios, participación de los jóvenes, formalización de los Comités de Agua, integración y aplicación de normas o reglas, y continuación permanente del apoyo municipal en el mantenimiento, este último aspecto es importante para ellos porque los motiva a continuar en las actividades de recarga.

Cuadro 13. Organización, ventajas y propuestas de mejora, según los 27 entrevistados.

Categoría	Organización
Subcategoría	Afirmaciones
Tipo de organización	~ Unidad familiar ~ Comités de Agua
Ventajas	Comité de Agua ~ Gestiones en el municipio ~ Apoyo entre los integrantes ~ Existe representación democrática ~ Participación
Propuestas de mejora en la organización	~ Mayor diálogo ~ Participación de los jóvenes ~ Continuidad del apoyo municipal

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del presente estudio.

Los resultados indican que existe organización social alrededor de las obras de recarga, a comparación con otros trabajos, tiene correspondencia con Galindo et al. (2008), el autor reconoce a los sistemas y obras hidráulicas como detonadores de procesos de organización social y ésta es concebida como “el conjunto de acuerdos y reglas (escritas o no escritas), que guían y delimitan las acciones individuales o colectivas respecto al uso, manejo, aprovechamiento o gestión de recursos, con la necesaria presencia de autoridades y sanciones que garanticen el cumplimiento de estos acuerdos y reglas “(Galindo et al., 2008, p.19). De modo similar, Villegas (2010) expone que la presencia y manejo de obras hidráulicas genera procesos de organización social y autogestión entre los usuarios de éstas, según los resultados de su investigación en dos comunidades del Estado de México. Lo que nos lleva a suponer que la población de SACV está generando procesos de organización social a través de las transformaciones que ha experimentado.

Así también lo anterior lo afirma Wittofgel (citado por Galindo et al., 2008), quien señala que en todo momento las acciones realizadas por un grupo de individuos para retener, controlar, manejar, transportar, o distribuir el agua en el caso de los sistemas de riego requieren de organización social. De tal modo, las acciones de recarga que realizan los habitantes de SACV,

para retener e infiltrar los escurrimientos a los mantos acuíferos y mejorar la disponibilidad del agua de riego y otros usos, es necesaria la organización de los pobladores.

En vista de los referentes anteriores, las acciones de recarga que realizan los usuarios de las obras en SACV afirman y necesitan de la organización social.

8.3 PRINCIPIOS ÉTICOS DEL AGUA

Los resultados de los principios fortalecidos o débiles y las afirmaciones que lo sustentan se exponen en el Cuadro 14. En SACV los principios de la ética del agua y del enfoque Hidrosolidario analizados, muestran en un contexto general que existen principios fortalecidos y débiles. Los elementos fortalecidos enunciados como positivos se sintetizan en los siguientes puntos.

- El agua subterránea ha permitido el desarrollo de la agricultura y la vida en la comunidad.
- El agua se identifica en el contexto del bien común.
- Existe solidaridad en torno a los recursos hídricos. La población está consciente que, así como extraen el agua también deben de retornarla al acuífero, esto lo realizan a través de diferentes obras de recarga artificial, como las zanjas de infiltración, áreas inundables conocidas como ollas de filtración y pozos de absorción.
- Los pobladores o usuarios del agua realizan acciones en un estado incipiente para minimizar el impacto negativo a los seres humanos y al medio ambiente, también la autoridad municipal y ONG's participan en este fin.

Y en cuanto a los aspectos débiles o negativos corresponden a los siguientes párrafos sintetizados:

- Los usuarios reconocen que la gestión no es coordinada, hay diferentes intereses entre los usuarios e instituciones que están involucrados.
- La participación de los interesados es baja principalmente de otros sectores como los comerciantes o prestadores de servicios; en versión de los pobladores existe conflicto de intereses entre las autoridades, ONG's y la población.

- No existe equidad en la disponibilidad del agua (uso humano) y en el acceso a la información.
- Existen impactos negativos al medio ambiente por actividades antropogénicas, cambio uso de suelo, que reduce la disponibilidad del agua y otros recursos. No existe una caracterización de la calidad del agua con que se recarga y aplicación de medidas de regulación para la salud humana y del acuífero (normatividad pertinente). No todos los usuarios del agua realizan acciones de cuidado del medio ambiente.

Cuadro 14. Identificación de los principales principios éticos del agua en SACV.

Principios	Elementos fortalecidos	Elementos débiles
<p><i>Equidad en la disponibilidad y aplicabilidad de agua: derecho al agua</i></p>	<p>✓ Existe acceso al agua para cualquier persona de la población.</p>	<p>~ El principio es débil, no hay igualdad de derecho al agua.</p> <p>~ No todas las personas obtienen la misma cantidad de agua suficiente para los usos básicos. Tampoco todos tienen acceso físico al agua, a través de una toma de agua potable o un pozo de aprovechamiento.</p> <p>~ La mayoría de las personas compran el agua para consumo habitacional.</p> <p>~ Los pobladores perciben que las personas con mayor poder adquisitivo pueden acceder a mayor cantidad y de mejor calidad de agua.</p>
<p><i>Requisitos de los ecosistemas y un medio ambiente sano (obligación)</i></p>	<p>✓ Las personas de la comunidad tienen interés en realizar actividades de recarga a los mantos acuíferos y reforestación, reconocen que con estas acciones obtienen beneficios ambientales.</p> <p>✓ Los Comités y usuarios de las obras de recarga se concientizan por recuperar el nivel freático, han invertido en las acciones de recarga con recursos propios (humanos, materiales y económicos), existe organización social y responsabilidad en estas actividades. A partir de estas observaciones</p>	<p>~ Ha existido un cambio de uso de suelo, la vegetación primaria, se perdió por expansión de zonas de cultivo y urbana, actualmente solo hay pequeños fragmentos de vegetación secundaria.</p> <p>~ Según comentarios de los adultos mayores, los humedales (ciénagas) cubrían una parte del territorio, y desaparecieron por cambio de uso de suelo (ver apartado 8.1 de resultados).</p>

	se identifica que este principio está fortalecido actualmente.	
<i>Vecindad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El agua que usan los pobladores de SACV es extraída del subsuelo, no procede de otra cuenca. ✓ En la unidad familiar, las personas realizan acciones para evitar la contaminación del agua, tales como el reuso del agua gris y utilización de productos de limpieza biodegradables. ✓ A nivel institucional, la Regiduría de Ecología del municipio, recibe el acopio de botes de agroquímicos utilizados, para evitar después de su uso sean abandonados en el campo y contaminen el agua. ✓ Las ONG's realizan actividades de educación ambiental en algunos sectores de la población. 	<ul style="list-style-type: none"> ~ No todas las personas realizan las acciones de cuidado del agua. ~ No todos los habitantes están conscientes de que el agua subterránea se encuentra en movimiento y las labores que se hagan puntualmente benefician o perjudican aguas cuenca abajo.
<i>Frugalidad</i>	<p>Hogar</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Las personas que compran el agua para uso doméstico, utilizan solo la cantidad necesaria y evitan en lo posible el desperdicio. ✓ Algunas mujeres enseñan a sus hijos a no desperdiciar el agua. <p>Agricultura</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ De manera parcial, en los cultivos el riego se realiza con volúmenes suficientes, en tiempos y horarios oportunos, y de forma tecnificada. 	<p>Comunidad</p> <ul style="list-style-type: none"> ~ Los pobladores identifican el derroche de agua por parte de grupos con poder económico. <p>Agricultura</p> <ul style="list-style-type: none"> ~ Los pobladores reconocen que existe desperdicio del agua en las prácticas del riego tradicional. ~ No se ha implantado el riego tecnificado en toda la zona, por la falta de recursos económicos o gestión técnica con instituciones pertinentes.

<p><i>Uso múltiple y benéfico del agua</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los pozos de absorción en un principio fueron contruidos para recuperar y mantener el nivel freático y apoyar las actividades agrícolas. ✓ Los usuarios de las obras de recarga reconocen que el agua infiltrada ha generado beneficios para los demás sectores productivos y población en general. ✓ El agua que se infiltra a través de las obras tiene usos múltiples. 	<p>~ No existe un programa de reuso de las aguas utilizadas, parcialmente se realizan acciones domésticas para canalizar las aguas menos contaminadas.</p>
<p><i>Aplicación obligatoria de medidas de cantidad y calidad</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Con los pozos de absorción, los pobladores recuperaron y mantienen un escenario de las aguas subterráneas hacia un acercamiento sustentable del recurso. 	<p>~ En la comunidad, la cantidad de agua extraída y recargada no se monitorea y controla según las normas oficiales e indicadores establecidos.</p> <p>~ Al igual que en los aspectos de calidad, no se han implementado medidas para proteger la salud humana y del ambiente.</p>
<p><i>Compensación y pago</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El agua que usan los pobladores de SACV, en las diversas actividades es extraída en la misma comunidad, no viene de otra región donde haya afectado el nivel de vida a esas personas. ✓ Los usuarios pagan una tarifa por el uso del agua. ✓ La CONAGUA aplica tarifas por el consumo volumétrico solamente de los pozos inscritos en el Registro Público de Derechos del Agua. 	<p>~ Se desconoce y requeriría una evaluación para conocer si existe una utilización sostenible y racional del agua en la comunidad, y a su vez las autoridades competentes pueden adoptar medidas de incentivo a los usuarios por dichas acciones.</p> <p>~ Las personas que realizan las actividades de recarga, no reciben ningún pago por servicios ambientales. En las entrevistas expresaron que en dichas actividades han invertido recursos propios (herramientas, mano de obras, dinero).</p>

<p><i>Participación</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En SACV se identificaron pobladores y grupos sociales, Comité de Agua, que participan en actividades de cuidado del agua, (reglamentación interna), promueven acciones de recarga de agua. ✓ Los pobladores reconocen que algunas autoridades municipales han cooperado con la comunidad hacia la implementación de obras de recarga y su mantenimiento, aportando recursos. Este apoyo que reciben es importante para ellos porque los motiva a continuar con las actividades de recarga. 	<ul style="list-style-type: none"> ~ Existen los espacios para la participación, a nivel municipio y región. No obstante, los pobladores comentan que la asistencia es baja y se ha perdido el interés, debido a los fines que buscan las autoridades y ONG's no son comunes a sus necesidades o no les benefician, y además las opiniones no son tomadas en cuenta. ~ Falta de educación de las aguas subterráneas para los usuarios, autoridades y Comités de Agua de SACV, tampoco existe información pública abierta y accesible del acuífero, que facilite el involucramiento de las personas de la comunidad en el uso y gestión del agua.
-----------------------------	---	--

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del presente estudio.

En esta comunidad se desconocían las fortalezas y debilidades de los principios éticos hacia el agua, por ello uno de los objetivos del trabajo fue identificar y valorar los componentes asociados a dichos principios.

La importancia de asignar identidad es para mejorar las acciones hacia planes de recarga artificial, en aspectos de organización, el uso racional del recurso hídrico y la participación en la construcción y mantenimiento de nuevas obras de recarga, y sobre todo para incidir en su normativa local con respecto a la gestión social del agua. En el caso de los elementos robustos (positivos), estos pueden ayudar a fortalecer las acciones de manejo sustentable del recurso, y los débiles necesitarán ser trabajados bajo una normativa local o a través de otras estrategias.

En los resultados se identificaron un mayor número de elementos negativos que los fortalecidos de los principios éticos del agua presentes en la población de SACV, aunque por criterio personal los principios fortalecidos tienen un mayor peso por el beneficio al medio ambiente y contribuyen a la sustentabilidad del recurso. De los nueve principios éticos analizados en SACV, los siguientes elementos sobresalen y correspondieron a:

Requisitos de los ecosistemas y un medio ambiente sano (obligación)

Los usuarios de las obras de recarga de SACV están conscientes de la importancia de mantener los niveles del agua, así aunque continuamente extraen el agua para los diferentes usos, realizan acciones para retornarla al acuífero, esto es evidente con las obras construidas, cerca de 200 aproximadamente. Esta actividad que realizan los pobladores ha sido respaldada a través de organismos internacionales como la ONU-Derechos humanos (2018) y Oxfam México (2017).

En este principio uno de los elementos que sobresale es que, en la construcción de dichas obras de recarga, los pobladores también aportaron recursos propios (mano de obra, herramientas, dinero). La autoridad municipal ha aportado un monto para la construcción de las obras de manera intermitente, según la administración en turno. El costo de la construcción de cada una de las obras de recarga y su mantenimiento aún no se ha evaluado, pero se estima

que la inversión inicial realizada por los pobladores es muy superior a los ingresos económicos mensuales.

Uso múltiple y benéfico del agua

Las acciones y obras de recarga en un principio se orientaron para fines agrícolas promovidas principalmente por los campesinos. Los resultados obtenidos beneficiaron a varios sectores de la población como los comerciantes, prestadores de servicios, entre otros. Al observar las bondades de las obras, nuevos sectores se han sumado a estas actividades de recarga.

Participación

La participación de los usuarios del agua, Comité de Agua de SACV ha sido y es importante, ya que a través de ellos se fomentan las actividades de recarga, realizan gestión con la autoridad municipal para la construcción de nuevas obras, y gestionan con otras instituciones el monitoreo y construcción de nuevas obras.

Sin embargo, los usuarios, ya sea el Comité de Agua, autoridad municipal y población en general carecen de los conocimientos básicos del comportamiento del agua subterránea, para una mejor comprensión de las características físicas del acuífero, este conocimiento facilitaría una mejora en el uso, toma de decisiones y manejo del agua. De ahí, la importancia que los tomadores de decisiones del agua en la comunidad busquen estrategias o soliciten información, capacitación según su contexto social para acceder a los conocimientos básicos.

Por otra parte, las instituciones competentes no cuentan con información como base de datos, informes técnicos sobre el agua, que sean transparentes, actualizada y accesible a la población. Esta información contribuiría a la educación de los usuarios de agua de SACV.

Los elementos señalados en los párrafos anteriores, como una mayor participación de los usuarios, educación y acceso a la información contribuyen en una mejor gestión sostenible de las aguas subterráneas (Llamas y Martínez, 2009).

A partir de los resultados de la ética y valoración del agua en el enfoque Hidrosolidario en SACV, se encontró que los elementos éticos identificados también guardan relación con las proposiciones que describen Sandoval et al. (2018), del agua en el argumento de los derechos

humanos en México, quienes señalan que el agua es un elemento esencial para la vida, un elemento necesario para garantizar el derecho a la alimentación y en los ecosistemas es poco valorada.

Los elementos éticos fortalecidos en SACV reafirman la importancia del agua, la población de estudio está consciente de esta noción, reconocen que gracias al agua subterránea se desarrolla la vida en la comunidad, y las actividades productivas.

Por el otro lado, los elementos considerados débiles de la ética del agua, corresponden a los impactos negativos al medio ambiente por actividades antropogénicas, tales como el empleo de agroquímicos en la agricultura, inadecuada disposición de los residuos sólidos, entre otros. En cuanto al cambio de uso de suelo fue necesario para desarrollar la agricultura, la vida. Aquí el agua tuvo y tiene un papel importante para mantener la capacidad de producción de alimentos y de los servicios ecológicos de la que depende la comunidad. Esta función esencial del agua en el ecosistema empieza a ser valorada actualmente por los pobladores de SACV.

8.4 EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS OBRAS DE RECARGA MEDIANTE PRUEBAS HIDROGEOLÓGICAS

La ubicación de los pozos de absorción muestreados en el municipio se muestra en el Cuadro 15 y en la Figura 12.

Cuadro 15. Ubicación de los pozos de absorción en la comunidad, en coordenadas UTM 14N

Número de pozo	Este	Norte
1	746383	1858807
2	747271	1860866
3	745963	1859892
4	745435	1859621
5	747103	1859254
6	747458	1859766
7	747639	1860148
8	746749	1859227
9	747629	1858980
10	747809	1860831
11	746982	1858767

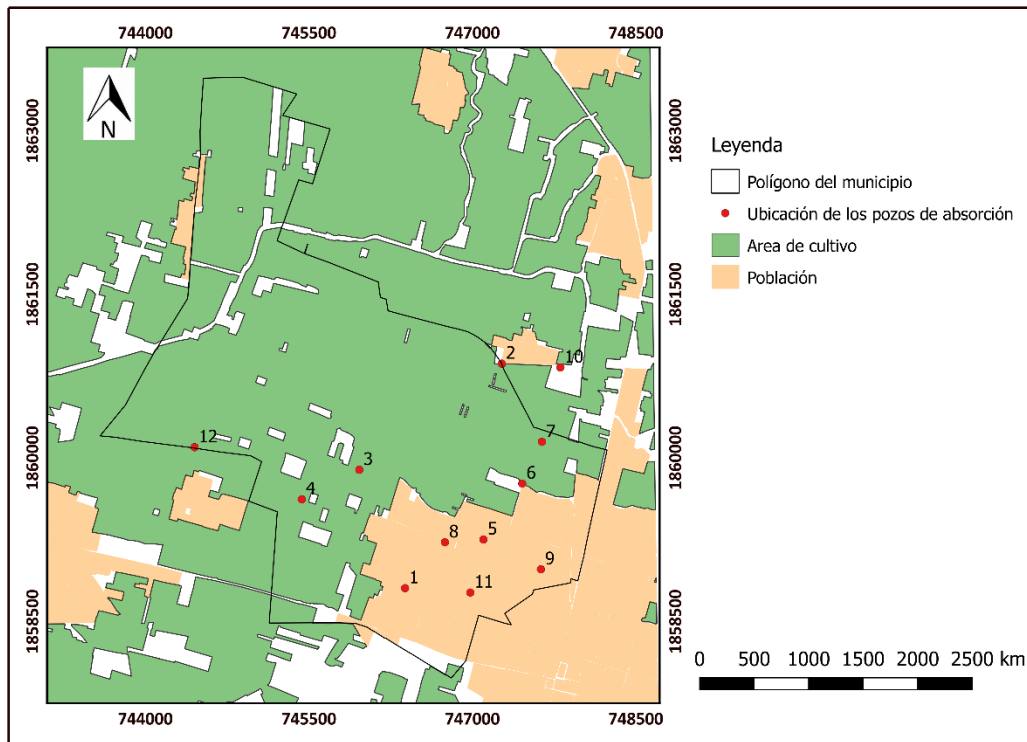


Figura 12. Mapa de ubicación de los doce pozos de absorción muestreados en San Antonio Castillo Velasco, Ocotlán.

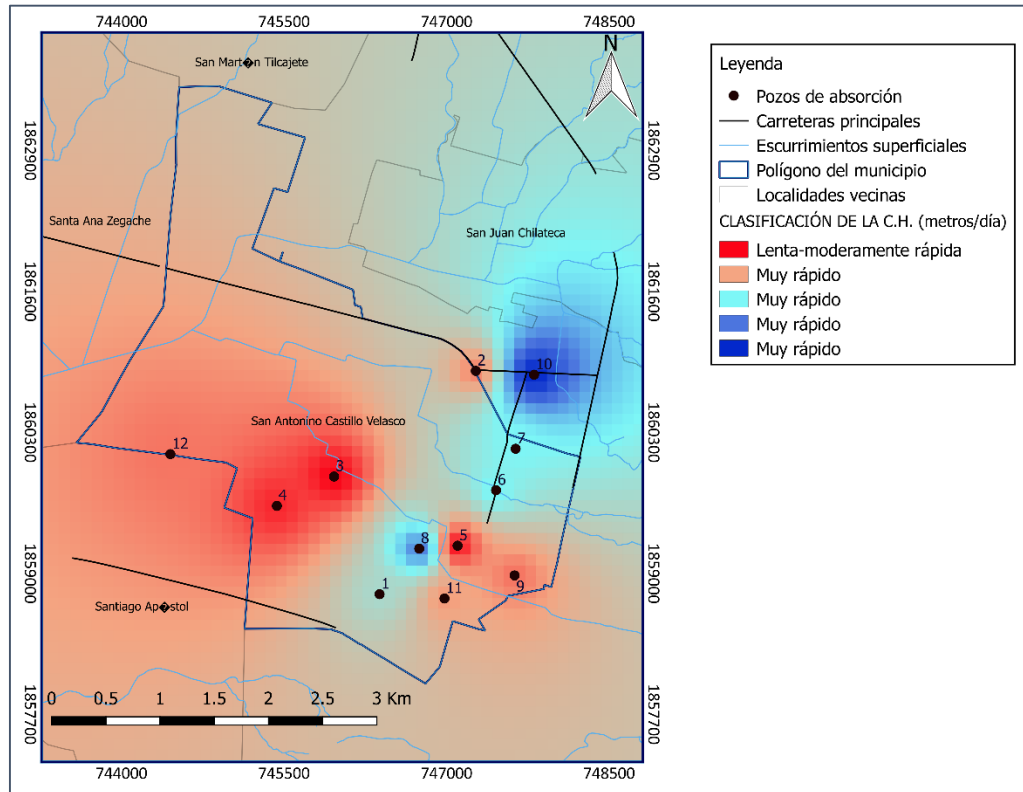
Los valores de conductividad hidráulica encontrados en los doce pozos de absorción, y determinados con las pruebas slug en campo se muestran en el siguiente Cuadro 16.

Cuadro 16. Valores de conductividad hidráulica (K) obtenida en los pozos de absorción.

Pozo	K (m/día)	Clasificación
1	39.442	Muy rápida
2	19.692	Muy rápida
3	0.209	Lenta
4	5.561	Rápida
5	2.689	Moderadamente rápida
6	49.030	Muy rápida
7	47.914	Muy rápida
8	70.230	Muy rápida
9	16.859	Muy rápida
10	96.165	Muy rápida
11	22.662	Muy rápida
12	17.104	Muy rápida

Los resultados de estas pruebas muestran que los valores de conductividad hidráulica en su mayoría se encuentran en rangos de muy rápida conductividad hidráulica, corresponden desde 0.209 m/día hasta 96.50 m/día, esto es un buen indicador, ya que los pozos funcionan eficientemente para la finalidad que fueron construidos.

La clasificación de los valores de conductividad hidráulica y su distribución en el área de estudio se muestran en la siguiente Figura 13.



*C.H. es la conductividad hidráulica. Fuente: elaboración propia a partir del presente estudio.

En algunos pozos de absorción que contaban con pozos areneros se obtuvieron muestras de sedimento, los cuales fueron analizados en laboratorio para determinar la conductividad hidráulica y la granulometría. En la primera prueba, los resultados se muestran en el siguiente Cuadro 17.

Cuadro 17. Valores de conductividad hidráulica obtenida en laboratorio.

Pozo	Laboratorio m/día	Clasificación
1	s/d	-
2	1.798	Moderadamente rápida
3	0.279	Moderadamente lenta
4	1.102	Moderada
5	0.249	Moderadamente lenta
6	0.087	Lenta
7	0.649	Moderada
8	s/d	-
9	s/d	-
10	s/d	-
11	s/d	-
12	0.706	Moderada

*(s/d= sin dato. El pozo de absorción no tiene pozo arenoso, por ello no se pudo recolectar una muestra de sedimento).

Los resultados muestran valores de conductividad hidráulica desde 0.087 m/día hasta 1.79 m/día, esto indica una conductividad hidráulica de moderadamente rápida hasta muy lenta.

De los doce pozos de absorción muestreados en campo, cinco de éstos no se obtuvo material de arrastre para determinar la conductividad hidráulica en laboratorio. En dos de estos (pozo ocho y diez), el sistema de recarga no cuenta pozo arenoso, el agua que ingresa al pozo de absorción no contiene material de arrastre, es captada en techados de infraestructura civil y conducida a través de tubería de PVC para su vertido directo en la obra. En el caso de los pozos nueve y 11 se tuvo dificultades técnicas para extraer el sedimento, y el pozo uno no tiene construido el pozo arenoso.

Los valores obtenidos en el material arrastrado y retenido en los pozos arenosos, tienen una conductividad hidráulica menor que la correspondiente al medio físico circundante del pozo

de absorción. Lo cual indica que con el transcurso del tiempo el material de arrastre obstruye el paso del agua y se presenta a largo plazo el fenómeno de colmatación, es decir se reduce la capacidad de recarga, por ello es indispensable realizar actividades de mantenimiento, para alargar la vida útil de la obra.

Fernández y Prieto (2013) indicaron que este proceso de acumulación de materiales en las proximidades de la superficie de entrada del agua se conoce como colmatación, es la causante de la oclusión de los poros del terreno, y en consecuencia la disminución de la permeabilidad. De los impactos negativos, la colmatación es considerada como el de mayor intensidad, que afecta a la recarga artificial, el fenómeno reduce la permeabilidad y la vida media de la infraestructura si su gestión es inadecuada.

Los autores anteriores recomiendan que es necesario minimizar la colmatación mediante el pretratamiento de las aguas de recarga artificial y el mantenimiento de los dispositivos. En los párrafos anteriores (apartado mantenimiento, ver Cuadro 12) se ha mencionado que los usuarios de las obras en SACV sí realizan el mantenimiento de algunas obras, de esta manera se asegura la permeabilidad y prolongan la vida de los pozos de absorción.

Con el mismo material de arrastre se realizaron pruebas con el método de hidrómetro para definir la granulometría del material, las curvas granulométricas obtenidas se muestran en el anexo (6). Las tendencias de estas curvas apuntan a que los materiales de arrastre en su mayoría son finos (arcilla y limos, según la clasificación de SUCS). Esto implica que los tiempos de sedimentación pueden ser largos, ya que este material usualmente se transporta en forma de suspensión.

También con el material de arrastre se determinaron las velocidades de sedimentación, en función del diámetro de las partículas, y se definió el tiempo en que ocurre la sedimentación. Los valores obtenidos se muestran en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Valores de velocidad de sedimentación

Pozo	m/s	m/hora*	m/día*
2	1.87E-05	14.844	0.619
3	5.77E-05	4.812	0.201
4	4.04E-04	0.687	0.029

5	6.09E-04	0.456	0.019
6	1.77E-03	0.157	0.007
7	3.88E-04	0.717	0.030
12	2.08E-03	0.133	0.006

* Tiempo estimado de sedimentación considerando un canal representativo de un metro de largo.

Los valores de velocidad de sedimentación del material de arrastre que ingresa en las obras de recarga van desde 2.08E-03 m/s hasta 1.87E-05 m/s, siendo evidente el ingreso de arenas finas y arcillas. Las primeras tienden a sedimentar con mayor velocidad que las arcillas o limos.

Estos valores, la velocidad de sedimentación y el diámetro de las partículas, pueden utilizarse para diseñar a futuro canales y sedimentadores que favorezcan la separación de los sólidos provenientes de los escurrimientos antes de que ingresen a la obra de recarga.

Con respecto a la relación con las características físicas del medio donde se ubican las obras de recarga muestreados, se sitúan en dos unidades de suelo y en dos unidades geohidrológicas propuestas por el INEGI, como se observan en las Figuras 14 y 15.

En el mapa de unidades de suelo, seis pozos de absorción se localizan en suelos tipo Feozem háplico y seis en tipo Vertisol cromico. Según la literatura, los suelos tipo Vertisol se caracterizan por un alto contenido de arcillas que se expanden con la humedad y se contraen con la sequía (IUSS, 2007).

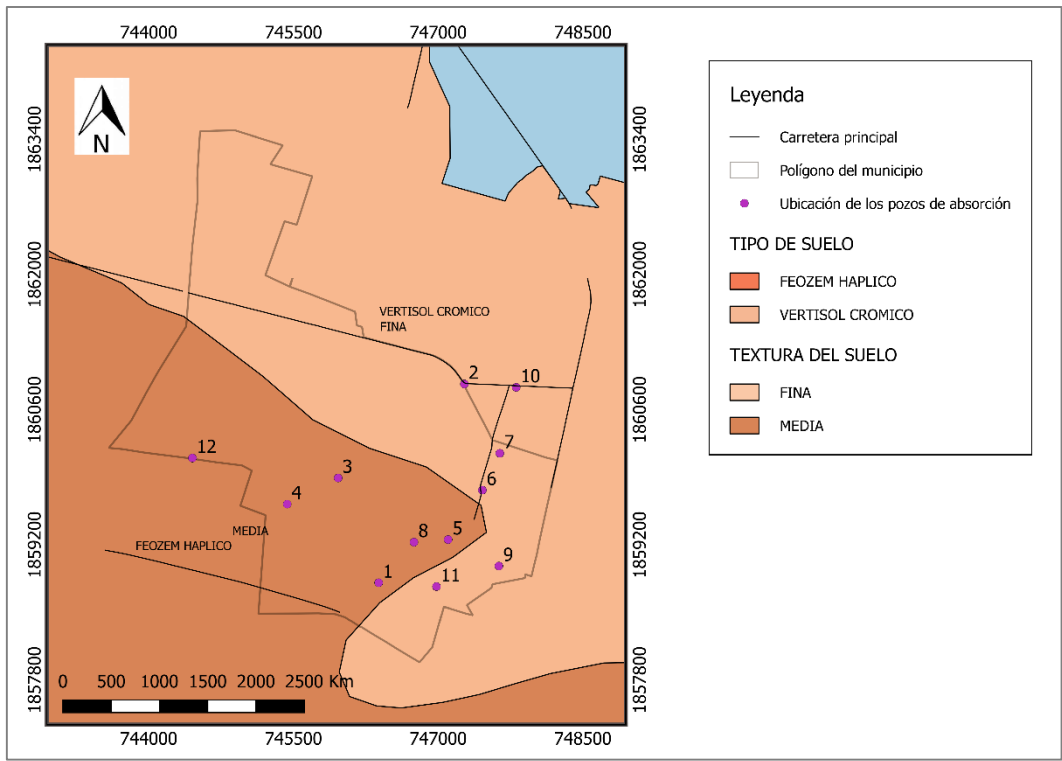


Figura 14. Mapa de unidades de suelo y textura presentes en los sitios de estudio en San Antonino Castillo Velasco, Ocotlán.

En el mapa de unidades geohidrológicas, de las 12 obras de recarga evaluadas, ocho se ubican en zonas con material no consolidado con rendimiento medio (INEGI, 2012), según la descripción de estas unidades corresponden a una permeabilidad media a alta (ver Figura 15). Mientras que cuatro obras se sitúan en unidades que recaen en una permeabilidad de baja a media.

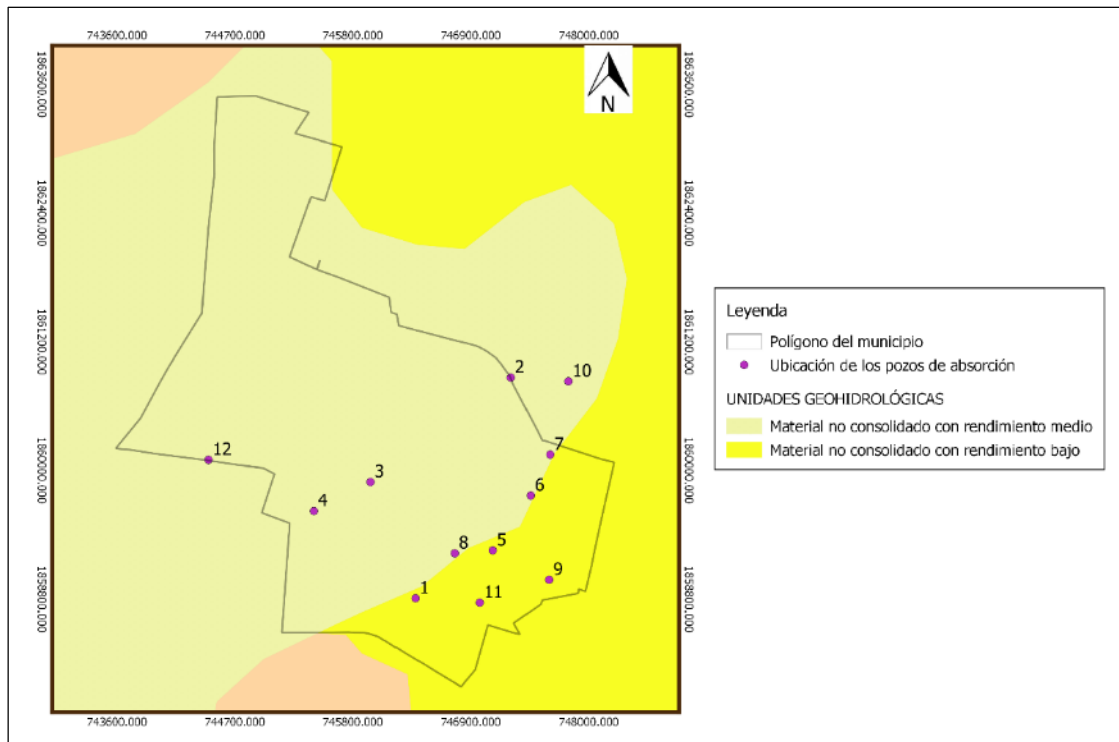


Figura 15. Mapa de unidades geohidrológicas presentes en los sitios de estudio en San Antonino Castillo Velasco, Ocotlán.

El mapa de unidades presentado por INEGI no coincide con todos los valores encontrados de las pruebas slug y con la clasificación de los rangos de K (muy rápido a lento). Esto podía deberse a que las unidades que maneja la institución corresponden a un contexto regional y no coincide necesariamente en su totalidad a una situación local, con la zona de estudio.

8.5 PROPUESTA DEL PLAN DE ACCIÓN

Un plan de acción apunta a lo que debe de ocurrir para alcanzar los cambios deseados y actividades propuestas de una comunidad o grupo, con la asignación de los responsables y en los plazos estimados.

La Propuesta del Plan de Acción de SACV es un bosquejo diseñado para atender la necesidad de agua bajo un esquema Hidrosolidario que se crea a partir de los resultados del diagnóstico social sobre el agua, en especial los referentes al movimiento de las aguas subterráneas y las obras de recarga artificial, su evaluación técnica e identificación de la problemática en torno a estas obras. El esbozo también incluye la formulación de objetivos y proyectos, las actividades fueron planteadas para atender las necesidades del uso y manejo del agua subterránea, y de las obras de recarga artificial. Dichas actividades requerirán de una gestión por las autoridades competentes de SACV, con el fin de solucionar la problemática identificada en el diagnóstico.

La Propuesta del Plan de Acción contiene 12 situaciones actuales, su impacto, los objetivos y acciones, el plazo estimado para la realización y los posibles responsables (ver Cuadro 19). Las doce situaciones identificadas se clasificaron en benéficas (+) o problemáticas (-) y en niveles de impacto: Bajo, Medio y Alto, que se asignaron con base en la percepción y conocimiento del tema.

La Propuesta se validó con los integrantes del cabildo, expresidente del Comité de Agua y pobladores interesados (Figuras 16 y 17). Cada situación planteada en el taller se analizó por los asistentes, y se definió a los posibles responsables para gestionar o ejecutar las acciones y cumplir con los objetivos.

Cuadro 1. Matriz de la Propuesta del Plan de Acción.

Situación actual (benéfica o problemática)	*Clasificación (impacto)	Objetivos	Acciones o proyecto	Cronograma (plazo)	Responsables
1) Acumulación de material de arrastre (suelo) en las obras de recarga, pozos de absorción.	Alto (-)	1) Reducir la cantidad de material de arrastre (suelo) que ingresa en las obras	Solicitar el diseño trampas para el material de arrastre que ingresa en los pozos de absorción.	Corto	<i>Autoridades Comité de Agua</i>
2) Desinterés de los usuarios de los pozos de absorción para realizar el mantenimiento.	Medio (-)	2) Definir responsables de las obras de recarga.	Reglamentación para asignar responsables de los usuarios de las obras, con los Comités de Agua y la autoridad local.	Mediano	<i>Autoridades Comité de Agua</i>
3) Existe carencia de conocimientos técnicos para la construcción de las obras.	Medio (-)	3) Capacitar a los comités para mejorar el diseño y construcción de las obras.	Gestionar la capacitación de los Comités de Agua para mejorar el diseño y construcción de las obras.	Corto	<i>Ayuntamiento</i>
4) Existe aprovechamiento de infraestructura civil en la comunidad que colecta agua de lluvia para la recarga, sin embargo en algunos sitios el suelo no es el idóneo.	Medio (-)	4) Identificar infraestructura que facilite colectar el agua pluvial de mejor calidad y menor costo de construcción.	Solicitar evaluación del sitio o medio antes de instalar la obra para aumentar la probabilidad de infiltración y reducir costos de recursos.	Corto	<i>Ayuntamiento</i>
5) Deficiente calidad del agua que ingresa en los pozos de absorción para recargar.	Alto (-)	5) Reducir el ingreso de agua de mala calidad al acuífero.	Implementar el uso de abonos orgánicos.	Corto	<i>Ayuntamiento Campesinos Comité de salud</i>
			Construcción de obras en sitios con menor riesgo o libre de contaminantes. Evaluación de las obras antes de la construcción.		
			Modificar o cancelar obras en sitios vulnerables a la contaminación.		
			Capacitación en temas de calidad del agua.		
			Evaluación de la calidad de agua que ingresa en las obras de recarga.		
			Establecer perímetros de protección de las zonas de recarga.		
Capacitación en el manejo adecuado de la basura.					
6) La presencia de fenómenos climáticos (sequía) afecta a los campesinos, provoca abandono y desinterés en el campo.	Alto (-)	6) Adaptación a los procesos de la sequía	Diseñar un plan comunitario en coordinación con instituciones competentes para mitigar los efectos de la sequía.	Corto	<i>Comité de Agua Campesinos Comerciantes, servicios Ayuntamiento Representante comunidad</i>
7) Desconocimiento y falta de información del agua subterránea por los pobladores	Medio (-)	7) Capacitar a los usuarios sobre el conocimiento del agua subterránea	Gestionar realización de talleres, pláticas, cursos, para la apropiación del conocimiento de las aguas subterráneas.	Largo	<i>Benito García Aguilar Pedro Caravantes Valencia</i>

8) La ubicación de los pozos de absorción (obras de recarga en la comunidad) depende de la presencia de corrientes superficiales en la temporada de lluvias.	Medio (+,-)	8) Identificar sitios más idóneos con la integración de información del agua superficial y subterránea.	Solicitar y emplear la información existente para la selección de sitios de recarga con el apoyo de un especialista.	Mediano	<i>Benito García Aguilar Pedro Caravantes Valencia</i>
9) Las actividades de protección y cuidado del agua que se han implementado son de manera parcial, ejemplo, riego tecnificado, así como los tiempos y horarios oportunos de riego.	Bajo (+)	9) Promover sistemas de riego por goteo y recibir capacitación para mejorar los riegos por gravedad.	Gestionar implementos para el riego por goteo.	Corto	<i>Comité de campesinos Representante de comunidad</i>
			Capacitación para el manejo de volúmenes de riego por gravedad y por goteo.		
10) El apoyo en la construcción de las obras de recarga por las autoridades es importante para los pobladores.	Alto (+)	10) Gestionar el apoyo para la construcción de futuras obras.	El Comité de Agua y autoridad establecen los requisitos para proporcionar el apoyo en la construcción de más obras.	Corto	<i>Autoridades Comité de Agua</i>
11) Los cambios en la disponibilidad del agua comunitaria fueron consecuencia de la introducción de tecnologías agrícolas, cambio de uso de suelo, fenómenos climáticos.	Medio (+, -)	11) Mejorar las condiciones actuales de la disponibilidad del agua.	Recuperar las prácticas de infiltración, con zanjas de infiltración en terrenos agrícolas.	Mediano y Largo	Autoridades Representante de comunidad
			Diseñar con los grupos interesados y la autoridad, acciones de reforestación en diferentes áreas, campo y zona urbana.		
12) La pérdida de ciénagas ocurrió por drenado de terrenos de cultivos.	Medio (+,-)	12) Recuperar el valor natural de las ciénagas para mantener el respeto del ambiente.	Identificar y delimitar zonas de importancia ambiental para la recuperación y conservación de humedales.	Largo	Autoridades Representante de comunidad

*Situación benéfica (+) y problemática (-) y su clasificación según los niveles de impacto: Bajo, Medio y Alto.



Figura 16. Triangulación de resultados, presentación y validación de la propuesta del plan. Fuente propia.



Figura 17. Triangulación de resultados, presentación y validación de la propuesta del plan. Fuente propia.

Las actividades propuestas en el Plan de Acción necesitan ser priorizadas, para aminorar las problemáticas y empezar a atender primero las críticas o aquellas que cambien la tendencia de deterioro del recurso hídrico. Los puntos abordados serán priorizados por los integrantes del cabildo para poner en marcha alguna de ellas en la brevedad de lo posible. Los expertos en el tema recomiendan que una vez creado el plan de acción, éste debe ser revisado con frecuencia (mensual o anualmente) y se modifica para cubrir las necesidades cambiantes de la comunidad.

La presentación y validación de la Propuesta del Plan logró entre los asistentes, la reflexión colectiva de la situación actual del uso y manejo del agua, de las obras de recarga, así como de las alternativas de solución planteadas, los objetivos y acciones para alcanzarlas. También se concientizaron de la importancia de realizar acciones para asegurar la disponibilidad del agua de forma sustentable.

Estos resultados ponen de manifiesto la buena disposición de los integrantes del cabildo y pobladores para recibir información y apropiarse de ella, y su compromiso en la protección de los cuerpos de agua y contribución al cuidado del ambiente. Esta conducta social puede ser aprovechada, para que a través de la organización comunitaria se realicen gestiones ante instituciones (ONG y gubernamentales), y por las instituciones gubernamentales para desarrollar políticas públicas que promuevan la protección del acuífero.

IX CONCLUSIONES

En esta tesis se contribuyó a la gestión de la recarga hídrica subterránea en San Antonino Castillo Velasco, Ocotlán, Oaxaca, basados en los siguientes aspectos: a) la valoración de las acciones y obras de recarga hídrica, ética del agua; b) la evaluación de la eficiencia de las obras de recarga artificial; y c) la integración de una Propuesta de Plan de Acción bajo el enfoque Hidrosolidario.

Se concluye que se logró la integración de la Propuesta de Plan de Acción bajo el enfoque Hidrosolidario, el proyecto se realizó con la participación comunitaria, en la planeación del diseño de los instrumentos se incluyó una participación basada en equidad, y en la Propuesta se consideraron objetivos que fortalecerán la ética del agua. Los elementos del enfoque Hidrosolidario guiaron los objetivos del trabajo, principalmente constructos de la ética del agua que sensibilizó el valor del agua y su gestión obligatoria, al considerar el bienestar de las personas y del ecosistema, así como la búsqueda de una mayor equidad y participación de los usuarios del agua.

Para lograr la evaluación de las obras de recarga hídrica, de las acciones hacia la ética del recurso se emplearon técnicas cualitativas como entrevistas semiestructuradas, diálogos informales, recorridos y observación participante, taller participativo, los cuales facilitaron la identificación de la percepción de los pobladores en los temas siguientes: agua, origen, beneficios, problemáticas, organización, participación en las acciones y de las obras de recarga en operación; así también dichas técnicas facilitaron la identificación de los componentes relacionados a nueve principios éticos en la población de SACV, los aspectos éticos hallados evidenciaron fortalezas y debilidades en las actividades de recarga y uso del agua subterránea en la comunidad.

La evaluación de las obras de recarga artificial se obtuvo a través de las pruebas slug realizadas en campo, y caracterización en laboratorio del material de arrastre recuperado de los pozos arenosos. Los valores de la eficiencia de las obras encontrados en campo facilitaron discernir su funcionamiento, los resultados indicaron que las obras de recarga (pozos de absorción) en su mayoría funcionan de manera eficiente para la finalidad que fueron construidas. En cuanto

a los valores obtenidos en laboratorio de las muestras de sedimento mostraron una disminución de la capacidad de infiltración, consecuentemente de la eficiencia en el funcionamiento de las obras de recarga, esto permitió señalar que es necesario realizar actividades de mantenimiento para alargar la vida útil de los pozos de absorción.

La elaboración de la Propuesta de Plan de Acción bajo el enfoque Hidrosolidario se logró a través de la integración de la información obtenida en el diagnóstico. La Propuesta fue validada con la participación de los integrantes del cabildo y usuarios del agua, esta Propuesta requerirá de un seguimiento. El Plan contiene la situación actual del uso y manejo del agua y las obras de recarga en la comunidad, los objetivos y acciones para aminorar los impactos en el bienestar de la población y del ecosistema, y los posibles responsables en realizar la gestión o cumplimiento de dichas acciones. La validación de la Propuesta concientizó a los usuarios en la importancia de realizar acciones para asegurar la disponibilidad del agua de forma sustentable.

9.1 RECOMENDACIONES

Seguimiento del plan de acción por las autoridades actuales y la población interesada, que ambos consideren y valoren la Propuesta del Plan, prioricen y ejecuten las acciones para la mejora de la disponibilidad del agua subterránea en la zona.

Se propone los usuarios y las autoridades municipales diseñen un plan o programa de mantenimiento, ya que actualmente no cuentan con ello, a fin de facilitar las actividades al respecto y alargar la vida útil de las obras. Es necesario el desazolve de los pozos arenero y de los pozos de absorción, antes de la temporada de lluvias para evitar disminuir la capacidad de infiltración del agua.

Para el programa de mantenimiento se sugiere: realizar un inventario de todas las obras que lo precisan, determinar el volumen de los trabajos que se realizarán cada año, establecer el ciclo óptimo de mantenimiento para cada tipo de obra, determinar los requerimientos de maquinaria y mano de obra, elaborar el presupuesto, y establecer prioridades.

Así también en este programa se debe involucrar la participación de los usuarios de las obras, ya sea en aportación de mano de obra o en especie, la continuación del apoyo de las autoridades municipales, gestionar ante instituciones competentes y apoyos para tales actividades.

Otro de los aspectos necesarios es el diseño de trampas a nivel del terreno para el material de arrastre que ingresa en los pozos de absorción. Esto facilitaría la reducción de la cantidad del material de arrastre que ingresa en la obra y con ello el costo del mantenimiento.

Con respecto a la calidad del agua que ingresa a las obras de recarga se desconoce si es apta para la recarga, por ello se sugiere solicitar estudios de calidad, a fin de evitar la contaminación del acuífero.

Se recomienda fortalecer los principios identificados como débiles a través de intervenciones en los grupos de mayor interés en el recurso agua, Comités de Agua. Así como la creación de una normatividad local que indique lineamientos de participación, responsabilidad y de gestión social, para formalizar acciones con los grupos sociales establecidos por parajes o

sectores, así como para exhortar a los grupos que no participan en el cuidado y protección de las aguas subterráneas.

Para mejorar la equidad en el acceso de la información del agua a los usuarios, los comités y autoridades municipales gestionen ante las instituciones competentes, la difusión y educación hidrogeológica a la población considerando el contexto social y cultural. A partir de estas acciones se puede mejorar la participación y acercamiento a la gestión del agua.

Evaluación del impacto de acciones antropogénicas que pudieran estar afectando el acuífero o la implementación de medidas para prevenir riesgos.

X LITERATURA CITADA

- Alarcón, J., Gutiérrez, Z., y Saldías, D. (2011). *La problemática del mantenimiento de la infraestructura hidráulica mejorada*. Recuperado de www.riegobolivia.org/zpanel/web/web.php?smodule=biblio&accion
- Aragón, M., Morales, J., y Caballero, T. (2006). Sistema para la recarga del manto freático en una comunidad del Distrito de Tlacolula, Oaxaca, México. *Naturaleza y Desarrollo*, 4(2), 17-25.
- Arizpe, S. L., Paz, F., y Velázquez, M. (1993). *Cultura y cambio global: Percepciones sociales sobre la deforestación en la selva lacandona*. México: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.
- Armstrong, A. (2009). Viewpoint - Further ideas towards a water ethic. *Water Alternatives*, 2(1), 138-147.
- Arreguín, F. I. (2011). *El agua subterránea en México*. Recuperado de http://www.sociedadgeologicamexicana.org.mx/pdfs/12_AguaSubterraneaMexico1.pdf
- Arrojo, P. (2006). Los retos éticos de la nueva cultura del agua. *Polis*. Recuperado de <https://journals.openedition.org/polis/5060>
- Barbecho, C., y Calle, O. (2012). *Caracterización de la conductividad hidráulica de los suelos de la subcuenca del río Tarqui* (Tesis de licenciatura). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Barlow, M. (2006). La protección del agua: diez principios. *Polis*. Recuperado de <https://journals.openedition.org/polis/5072>
- Barlow, M. (2008). *El Agua Nuestro Bien Común. Hacia una nueva narrativa del agua*. Recuperado de <http://www.onthecommons.org/sites/default/files/ElAguaNuestroBienComunOct2008.pdf>
- Bonilla, J. y Stefan, C. (2017). Manejo de la Recarga de Acuíferos. En O. Escolero, C. Gutiérrez, y E. Mendoza. (Ed.), *Manejo de la recarga de acuíferos: un enfoque hacia Latinoamérica* (pp. 65-72). Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Callejas, S. J., Antia, D., y Arias, G. (2011). Percepción campesina, uso e institucionalidad del recurso hídrico: caso de estudio en la vereda Aguapamba (Nariño-Colombia). *Ambiente y Desarrollo*, 15(28), 71-98.
- Carillo, J. (2014). *Coloquio Nacional: Agua Subterránea en México*. Recuperado de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/04/ColoquioNacional_Agua_Subterranea_en_Mexico.pdf
- Castillo, A., González, E., Paré, L., Paz, M., Reyes, J., y Schteingart. (2009). *Conservación y sociedad*. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/edoConservacion.html>
- Castillo, C. B. (2007). *Comunidades rurales. Criterios y herramientas para su diagnóstico*. San José, Costa Rica: EUNED.
- Chacón, M., Clemente, I., Lamas, F., y Hamdouni, J. (2004). *Mecánica de suelos y rocas. Prácticas y ensayos*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/258857638_MECANICA_DE_SUELOS_Y_ROCAS_Practicas_y_Ensayos

- Chávez, M., y Binnqüist, G. (2012). La huella hídrica agrícola en los Valles de Etna, Zimatlán y Tlacolula, Oaxaca. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 12(23), 15-50.
- Cirelli, C. (1997). *La transferencia del agua: el impacto en las comunidades origen del recurso. El caso San Felipe y Santiago, Estado de México* (Tesis de maestría). Universidad Iberoamericana, México.
- Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas. (2004). *Convenio sobre la Protección y Utilización de los Cursos de Agua Transfronterizos y de los Lagos Internacionales*. Recuperado de http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/documents/brochure_water_convention_spanish.pdf
- CONAGUA. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento pruebas de bombeo*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAPO. (2010). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010*. Recuperado de http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/mf2010/CapitulosPDF/Anexo%20B3.pdf
- CONEVAL. (2017). *Medición de la pobreza en México y en las Entidades Federativas*. Recuperado de https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2016.aspx
- Custodio, E. (2017). El lugar de la educación y la ciencia para la salvaguarda del derecho al agua. consideraciones con énfasis en las aguas subterráneas. En L. Liberman (Director), *Seminario Derecho Humano al agua*. Recuperado de http://www.encuentromundi.org/wp-content/uploads/2017/12/Libro-Seminario-Derecho-Humano-al-Agua_Roma.pdf#page=23
- De la Lanza, G., Cáceres, C., Adame, S., y Hernández, S. (1999). *Diccionario de hidrología y ciencias afines*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Diario Oficial de la Federación. (2017). *Decreto por el que se formula la declaratoria de las zonas de atención prioritaria para el año 2018*. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5506088&fecha=29/11/2017
- Díaz, R., Bravo, L., Alatorre, L. y Sánchez, E. (2013). Presión antropogénica sobre el agua subterránea en México: una aproximación geográfica. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 2013(82), 93-103. doi: 10.14350/rig.32452
- Domínguez, J. y Flores, J. (2016). *Derecho humano al agua y al saneamiento*. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 52 p.
- Durand, L. (2006). Participación social y conservación. En L. Barahona y L. Almeida. (Coord.), *Educación para la conservación* (pp.67-76). México: Ediciones Las Prensas de Ciencias.
- Durand, L. (2008). De las percepciones a las perspectivas ambientales: una reflexión teórica sobre la antropología y la temática ambiental. *Nueva antropología*, 21(68), 75-87.
- Esteller, V. (2005). Recarga artificial de acuíferos. En C. Díaz, M. Esteller, y F. López. (Ed.), *Recursos Hídricos. Conceptos básicos y estudios de caso en Iberoamérica* (pp. 61-70). Montevideo, Uruguay: Ediciones Piriguazú.

- Falkenmark, M. y Folke, C. (2002). The ethics of socio-ecohydrological catchment management: towards hydrosolidarity. *Hydrology And Earth System Sciences*, 6(1), 1-10. doi: 10.5194/hess-6-1-2002.
- Fernández, E. y García, M. (2006). *Gestión de la Recarga Artificial de Acuíferos*. Madrid, España: Serie Hidrogeología Hoy.
- Fernández, E. y García, M. (2009). Gestión de la Recarga Artificial de Acuíferos (M.A.R.). En E. Fernández y M. García. (Ed.), *Gestión de la Recarga Artificial de Acuíferos* (pp. 12-30). Madrid: GRAFINAT-MÉTODO GRÁFICO.
- Fernández, E. y Prieto, I. (2013). Los procesos colmatantes en dispositivos de gestión de la recarga de acuíferos y empleo de la termografía para su detección y estudio: Un ensayo metodológico en el acuífero " Los Arenales", España. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(1), 51-69.
- Fernández, Y. (2008). ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales?: Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas Naturales Protegidas. *Espiral (Guadalajara)*, 15(43), 179-202.
- Flores, L. y Alcalá, J. (2010). *Manual de Procedimientos Analíticos*. Laboratorio de Física de Suelos. Recuperado de <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL>, 20.
- Galindo, E., Palerm, J., Tovar, J. y Rodarte, R. (2008). Organización social en la gestión de una fuente de agua: los jagüeyes. *Agrociencia*, 42(2), 233-242.
- Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo*. IICA. El Salvador: Prochamate/IICA.
- Gerlak, A., Varady, R., Petit, O., y Haverland, A. (2011). Hydrosolidarity and beyond: can ethics and equity find a place in today's water resource management?. *Water International*, 36(3), 251-265. doi: 10.1080/02508060.2011.586552
- Gerlak, A., Varady, R., y Haverland, A. (2009). Hydrosolidarity and International Water Governance. *International Negotiation*, 14(2), 311-328. doi: 10.1163/157180609x432842
- González F. (2015). Cultura y gobernabilidad del agua en México. En A. Sainz y R. Val (Ed.), *I Encuentro Iberoamericano de Educación y Cultura del Agua en la GIRH* (pp. 20-24). Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- González, F. (2016). *Identificación de estudios y proyectos del sector hídrico: Oaxaca, Puebla y Tlaxcala; 2005-2011*. Recuperado de http://www.agua.unam.mx/padhpot/assets/cdh/generales/IdentificacionOaxPueTlax_11.pdf
- González, S., y Juárez, M. (2017). Recarga artificial de Acuíferos: un caso de estudio en la zona del caracol, ubicado en el municipio de Ecatepec de Morelos, en el Estado de México. En O. Escolero Fuentes, C. Gutiérrez Ojeda, y E. Mendoza Cazares (Eds.), *Manejo de la recarga de acuíferos: un enfoque hacia Latinoamérica* (pp. 303-348). Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Gutiérrez, C. (2016). *Recarga artificial de acuíferos*. Recuperado de http://www.cazalac.org/2015/fileadmin/templates/documentos/Chile-Mexico/Curso_31052016/Recarga_artificial_de_acuiferos.pdf
- Gutiérrez, C. y Ortiz, G. (2017). Proyectos de recarga MAR en el acuífero Principal-Región Lagunera, México. En O. Escolero, C. Gutiérrez, y E. Mendoza (Eds.), *Manejo de la recarga de acuíferos:*

- un enfoque hacia Latinoamérica* (pp. 139-157). Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Gutiérrez, M., Reyes, V., Alarcón, M., y Nuñez, D. (2016). Acuíferos en Chihuahua: estudios sobre sustentabilidad. *TECNOCENCIA Chihuahua*, X(2), 58-63.
- Harrington, C. (2015). Toward a critical water security: hydrosolidarity and emancipation. *Canadian Foreign Policy Journal*, 21(1), 28-44. doi:10.1080/11926422.2013.846269
- Hatch, G. (2011). Agua subterránea en México: retos y pendientes para la transformación de su gestión. En C. Denzin, F. Taboada y R. Pacheco (Eds.), *El agua en México. Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica*. Recuperado de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/04/El-agua-en-Mexico.pdf>
- Hernández, I. G. (2002). *Estudio descriptivo para establecer un diagnóstico hidráulico en el estado de Oaxaca* (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico de la Construcción, Oaxaca, México.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- INEGI. (2005). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Antonino Castillo Velasco, Oaxaca. México: INEGI. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/20/20103.pdf>
- INEGI. (2012). Conjunto de datos vectoriales de la carta de Aguas subterráneas. Zona hidrogeológica. Escala 1:250 000. Valles Centrales. México: INEGI. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapas/?tg=1000>
- INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Oaxaca 2017*. México: INEGI. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx>
- IUSS. (2007). *Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103*. Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/11052520.pdf>
- Jiménez, M. E. (1988). *Investigación Acción Participativa con Grupos de Mujeres Campesinas*. Manual para Capacitación y Operación. México: Colegio de Postgraduados.
- Juárez, B. y Rodríguez, R. (2005). *Mecánica de Suelos, Tomo I. Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. México: Editorial Limusa.
- Leyva, F. (2015). Cultura del agua y participación social. En A. Sainz y R. Val (Ed.), *I Encuentro Iberoamericano de Educación y Cultura del Agua en la GIRH* (pp. 110-112). Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Liceaga, G. (2013). El concepto de comunidad en las ciencias sociales latinoamericanas: apuntes para su comprensión. *Cuadernos Americanos*, 145 (3), 57-85.
- Liu, J., Dorjderem, A., Fu, J., Lei, X., Liu, H., Macer, D., Qiao, Q., Sun, A., Tachiyama, K., Yu, L., y Zheng, Y. (2011). *Water Ethics and Water Resource Management*. Tailandia: UNESCO.
- Llamas, R. (2008). Aspectos éticos de los conflictos del agua en España. *Real Academia de Ciencias Exactas, Física y Naturales*, 102(1), 161-184.

- Llamas, M. R., y Martínez, L. (2009). Specific aspects of groundwater use in water ethics. Water. En R. Llamas, L. Martínez, y A. Mukherji (Eds.), *Water ethics* (pp. 187-203). New York: Taylor & Francis Group.
- López, C. (2011). Acuíferos de los valles centrales, en su límite de disponibilidad. Recuperado de <https://agua.org.mx/acuiferos-de-los-valles-centrales-en-su-limite-de-disponibilidad/>
- López, J., Loredó, J., Fernández, L., y Llera, J. (2008). Investigación y gestión de los recursos del subsuelo. *Hidrogeología y Aguas subterráneas*, 27.
- Machaca, M., Machaca, M., Walter, A., Machaca, L. y Machaca R. (2014). *Sistematización de la experiencia de la Asociación Bartolomé Aripaylla y Comunidad de Indígenas de Quispillaccta sobre la Crianza del Agua -Siembra y Cosecha del Agua de Lluvia. Ayacucho*. Recuperado de <http://www.welthungerhilfe-americaelsur.org/wp-content/uploads/2014/11/YAKUMAMA-Madre-Agua.pdf>
- Martínez, D. (2012). *Valoración sociocultural del agua en Sabancuy, Campeche, México* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (2016). *Rumbo a un Programa Nacional de Siembra y Cosecha de Agua: Aportes y reflexiones desde la práctica*. Recuperado de <http://www.paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/258.pdf>
- Morales, A. (2011). *Propuesta de identificación de sitios para la infiltración de agua al acuífero de Querétaro* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Municipio de San Antonino Castillo Velasco. (2011). *Plan Municipal de Desarrollo 2011-2013 San Antonino Castillo Velasco, Oaxaca*. Recuperado de https://finanzasooaxaca.gob.mx/pdf/inversion_publica/pmds/11_13/103.pdf
- Municipio de San Antonino Castillo Velasco. (2018). *San Antonino Castillo Velasco Plan Municipal de Desarrollo 2017-2018. Oaxaca, México*.
- Murillo, D. (2015). Comentarios sobre la seguridad y la soberanía hídrica, un revés a la (in)governabilidad del agua. En F. Pérez (Ed.), *Gestión pública y social del agua en México* (pp. 34-43). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nava, V. (2015). *Percepción, conocimiento local y descripción de la calidad del agua de cenotes de interés turístico y recreacional* (Tesis de Maestría). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Yucatán, México.
- Orozco, E. y Martínez, J. (2017). Disputa por la democracia en los Valles Centrales de Oaxaca: la consulta previa libre e informada a 16 comunidades zapotecas. *Abya-yala: Revista sobre Acceso à Justiça e Direitos nas Américas*, 1(2).
- Ortiz, M., y Borjas, B. (2008). La Investigación Acción Participativa: aporte de Fals Borda a la educación popular. *Espacio abierto*, 17(4).
- Palerm, J. (2004). Las galerías filtrantes o qanats en México: introducción y tipología de técnicas. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 1(2), 133-145.
- Paré, L., Fuentes, T., Vidriales, G., y García, I. (2012). Marco conceptual y metodológico. En L. Paré y P. Gerez (Coord.), *Al filo del agua: cogestión de la subcuenca del río Pixquiac, Veracruz* (pp. 25-49). Veracruz: Instituto Nacional de Ecología.

- Pellegrini, A. (2018). *Apunte de edafología, curso edafología*, Facultad de Ciencias Agraria y Forestales U.N.L.P. Recuperado de http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/38724/mod_resource/content/1/TEMA%203%20-%20TEXTURA%20Y%20COLOR.pdf
- Perevochtchikova, M. (2012). Nueva cultura del agua en México. En M. Perevochtchikova (Coord), *Cultura del agua en México. Conceptualización y vulnerabilidad social* (pp. 63-82). México: Porrúa.
- Pérez, L. (2005). *Teoría de la sedimentación. Área de hidráulica, Cátedra de Hidráulica Aplicada a la Ingeniería Sanitaria*. Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Recuperado de http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_teoria_sedimentacion.pdf
- Pinilla, M., Barrera, N., y McCall, M. (2011). Gestión y cultura del agua desde la perspectiva del paisaje en la cuenca del río Huámico, Michoacán, México. *Perspectiva Geográfica*, 16(enero-diciembre), 9-30.
- Price, M. (2007). *Aguas subterráneas*. México: Ediciones Limusa.
- Ramajo, J. y del Saz, S. (2010). Valor económico y percepción social de los beneficios ambientales de no mercado derivados de la Directiva Marco del Agua: el caso de la cuenca del río Guadiana. En XXXVI reunión de Estudios Regionales-AEER. España, Universidad de Extremadura, Universitat de València, International Meeting on Regional Science.
- Ramón, P. (2015). *Cambios en la organización, gestión y conflictos por el agua en Tlacolula de Matamoros Oaxaca 1980-2010* (Tesis de maestría). Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Oaxaca, México.
- Red de Redes de Economía Alternativa y Solidaria. (2018). *Carta de la Economía Solidaria*. Recuperado de https://www.economiasolidaria.org/sites/default/files/CARTA_ECONOMIA_SOLIDARIA_REAS.pdf
- Robles, J. (2018). Admite Conagua 10 pozos ilegales en Oaxaca (NVI Noticias). Recuperado de <http://www.nvinoticias.com/nota/84704/admite-conagua-10-pozos-ilegales-en-oaxaca>
- Sandoval, A. (2011). Entre el manejo comunitario y gubernamental del agua en la Ciénega de Chapala, Michoacán, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 8(3), 367-385
- Sandoval, A., García, P., Pablos, J. y Pelayo, C. (2018). *Estudio sobre protección de ríos, lagos y acuíferos desde la perspectiva de los derechos humanos*. Recuperado de http://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Informes/Especiales/ESTUDIO_RIOS_LAGOS_ACUIFEROS.pdf
- Sandoval, A., y Günther, M. (2015). Organización social y autogestión del agua. Comunidades de la Ciénega de Chapala, Michoacán. *Política y Cultura*, (44), 107-135.
- Schettini, P., y Cortazzo, I. (2015). *Análisis de datos cualitativos en la investigación social*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10915/49017>
- SEDESOL. (2018). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2018*. Recuperado de https://www.extranet.sedesol.gob.mx/pnt/Informe/informe_municipal_20103.pdf
- Selborne, L. (2001). *A Ética do Uso da Água Doce: um levantamento*. Brasil: UNESCO.

- Silva, H., González, M., Pinales, A., y Villalobos, A. (2017). Proyecto de manejo de recarga de acuíferos en los Ojos del Chuvíscar, Chihuahua, México. En O. Escolero, C. Gutiérrez, y E. Mendoza. (Eds.), *Manejo de la recarga de acuíferos: un enfoque hacia Latinoamérica* (pp. 191-122). Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (Vol. 10). España: Publicacions de la Universitat Jaume I.
- Taylor, S. J., y Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación* (Vol. 1). Barcelona: Paidós.
- Topete, O. (2017). El abasto de agua potable en la ciudad de Oaxaca de Juárez a finales del siglo XIX y principios del XX. *Revista Pueblos y fronteras digital*, 12(24), 136-162.
- UNESCO. (2003). *Agua para todos agua para la vida. 1er Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001494/149406s.pdf>
- UNESCO. (2015). *Agua subterránea y cambio climático*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002428/242861s.pdf>
- Vélez, M., Otálvaro, M., y Navarro, L. (2014). *Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos*. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/acuiferos/Guia-metodologica-para-la-formulacion-de-planes-de-manejo-ambienta-de-acuiferos.pdf>
- Vélez, V., y Vásquez, L. (2004). *Métodos para determinar la recarga de acuíferos*. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/11054489.pdf>
- Villegas, R. (2010). *Organización social para el uso y manejo de pozos de agua potable en comunidades rurales, Texcoco Estado de México* (Tesis de maestría). Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, México.
- Villón, M. (2007). *Drenaje*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Yacamán, C., Ruiz, A., y Navarro A. (2018). Entidades sin ánimo de lucro y economía social y solidaria. Formas de trabajo para la conservación de la naturaleza y la gestión de los recursos naturales. *Observatorio del Tercer Sector Ambiental*. Recuperado de <http://afundacionesnaturaleza.org/>
- Zabala, M., Weinzettel, P., y Varni, M. (2006). Utilización de ensayos de pulso para la estimación de la conductividad hidráulica en la cuenca del Arroyo del Azul, Provincia de Buenos Aires, Argentina. En *VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea*, Asunción, Paraguay.

XI ANEXOS

ANEXO 1 METODOLOGÍAS APLICADAS EN EL TALLER PARTICIPATIVO

Objetivo del taller: conocer los antecedentes, fuentes de abastecimiento, usos, disponibilidad, participación, problemas y los conflictos, entorno al agua y los pozos de absorción, a través de metodologías participativas en la comunidad de San Antonino Castillo Velasco.

I. LÍNEA DEL TIEMPO

Objetivo: Conocer los cambios significativos, procesos históricos de la comunidad, que tienen relación con el uso, manejo del agua y construyeron el territorio actual de San Antonino Castillo Velasco (adaptado según metodología Geilfus, 2002).

Material

Papel bond, tarjetas, marcadores de colores, cinta adhesiva.

Metodología

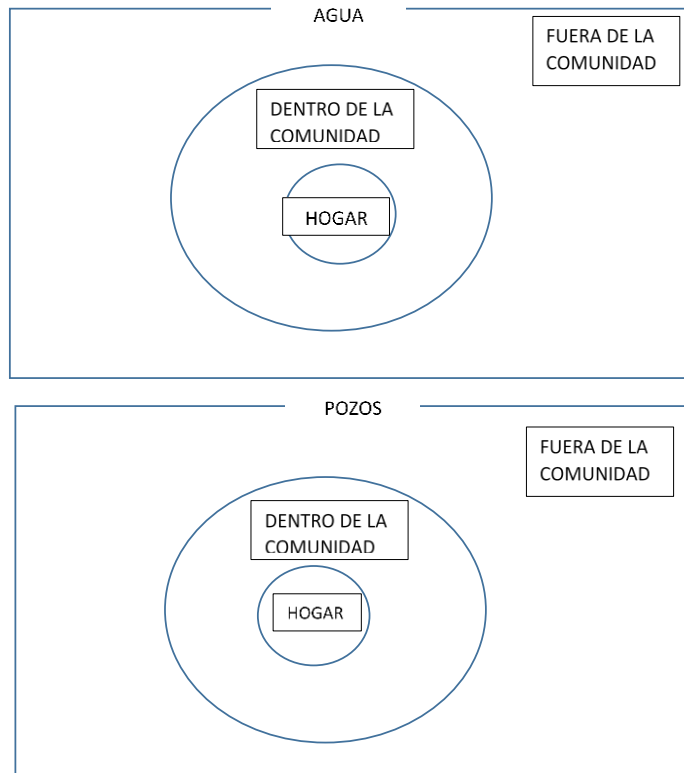
- 1) Organizar a los participantes en equipos de trabajo, explicar el objetivo de la actividad
- 2) A medida que los participantes recuerdan eventos, se sugiere entregar tarjetas para que anoten la información, o según se vayan acordando se va anotando la información en la línea, ubicando la categoría y el año
- 3) En caso de que no recuerden las fechas, tratar de ubicarlo en fechas aproximadas, o tratar de ubicarse en referencia a eventos importantes de carácter nacional o internacional.
- 4) A medida que los participantes desarrollan la actividad, observar si han recordado y anotado los temas de interés, en caso contrario se les puede sugerir y decidirán si fue un hecho importante para ellos o no.
- 5) Después de trabajar en equipos, presentar y discutir en plenaria el trabajo de cada uno y establecer una línea común. Explicar a los participantes el uso que se le dará. Son los antecedentes de la comunidad.

II. DIAGRAMA DE TOMA DE DECISIONES SOBRE EL AGUA Y LAS OBRAS DE RECARGA

Objetivo del ejercicio: identificar quiénes son las organizaciones y grupos, participan y toman decisiones sobre el agua y los pozos de absorción, dentro de la comunidad y fuera de la comunidad, y como la comunidad los visualiza. Entender las interacciones que tienen estas organizaciones entre en la comunidad, puede ayudar a determinar responsabilidades en la planificación.

METODOLOGÍA

1. La actividad puede empezar con la pregunta:
¿Quiénes son los personajes, personas, grupos, comités, instituciones, etc. que participan y toman decisiones sobre el agua y los pozos de absorción, que existen dentro y fuera de la comunidad?, y ¿cómo la comunidad los visualiza?
2. Pedir a los asistentes que anoten dentro del círculo los personajes e instituciones que existen dentro de la comunidad y fuera del círculo los actores externos.
3. Indicar las relaciones con flechas, si la relación es del interior de la comunidad hacia el exterior o viceversa.
4. Se anexa una lista de actores, en caso de que los asistentes no lo mencionen, se puede preguntar sí estos actores deciden o participan y sí son internos o externos, para complementar la información.



III. EQUIDAD EN LA PARTICIPACIÓN

Objetivo: identificar quien son los que participan y realizan las diferentes actividades relacionadas con el agua y las obras de recarga, pozos de absorción.

Los niveles de participación son:

- ~ Dentro del núcleo familiar: hombres, mujeres, jóvenes, niños y adultos mayores.
¿Quién asiste a dichas actividades mencionadas?
- ~ Autoridades: intervención a nivel municipal o estatal
- ~ Organizaciones no gubernamentales
- ~ Ocupaciones: agricultores, comerciantes, otros.

Las actividades donde se quiere conocer su participación son:

- ~ Ahorrar agua
- ~ Captar agua de lluvia
- ~ Cuidar las obras de captación de lluvia
- ~ Asistir o participar en pláticas, talleres sobre el agua
- ~ Realiza tequio para construir obras de captación
- ~ Cooperación para las obras de captación
- ~ Participa en la resolución de conflictos o problemas del agua

Material: Papel bond, tarjetas, marcadores de colores, cinta adhesiva.

Metodología

- 1) Organizar a los participantes en equipos de trabajo, explicar el objetivo de la actividad
- 2) En la lámina de papel bond, la tabla elaborada previamente, anotaran la información según el nivel de participación que consideren en cada una de las actividades
- 3) Se realiza el conteo de participación

ANEXO 2 FORMATO DE ENTREVISTA



Entrevista elaborada por Victoria Pérez Cruz. Estudiante del CIIDIR-IPN unidad Oaxaca, Maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario.

Ficha de identificación

Comunidad: _____ fecha: _____
Nombre: _____
Categoría de edad: 20 a 29 años ___ 30 a 59 años ___ Mayor a 60 años ___
Escolaridad: _____
Ocupación: _____
Sexo: Mujer ___ Hombre ___

GUIÓN 1

EJE TEMÁTICO: POZOS DE ABSORCIÓN

Antecedentes

1. ¿Desde cuándo existe el pozo de absorción? ¿Porque se ubicó aquí un pozo de absorción?
¿De dónde nace la idea que crear un pozo?
2. ¿A quién se dirigió o solicitó para que se instalara un pozo de absorción?
3. comente que dificultados encontró en la creación de esta obra

Mantenimiento

1. Actualmente ¿Quién es el responsable de las obras de absorción (ubicado cerca de su vivienda)
2. ¿Lleva a cabo obras de mantenimiento de los pozos de absorción? ¿Cuáles? ¿Cuántos días, horas se lleva tal mantenimiento, limpieza?
3. ¿Quiénes realizan las tareas de mantenimiento, limpieza? ¿la gente misma o contratan?
¿cuantas personas participan para ello?
4. ¿Cómo se organizan para dar mantenimiento, limpieza al pozo de absorción?
5. ¿Cómo y quién decide cuándo se realizan estas tareas?
6. ¿Quién convoca para la realización de las actividades? ¿Quién lleva el registro de cumplimiento? ¿Quién penaliza (sanción) cuando no se lleva a efecto la tarea de mantenimiento? ¿en qué consiste la sanción (multa en dinero, otro)?
7. ¿Qué actividades realizan para que el agua que entra en los pozos sea de la mejor calidad y no esté contaminada o contamine el acuífero?
8. ¿Limpian los canales o caminos donde pasa el agua que después va a entrar en el pozo?
¿Con que frecuencia los limpian? ¿Quién es el responsable de limpiar estas áreas?

Beneficios, problemáticas y solución del funcionamiento

1. ¿Qué beneficios ha traído los pozos de absorción?
2. ¿Cuáles son los aspectos positivos que han ayudado al buen funcionamiento, de estas obras?
3. ¿Qué dificultades o problemas observa o presentan el pozo de absorción? ¿Porque es un problema? ¿Qué problemática le afectan más?
4. ¿Qué sugiere para que tengan un mejor funcionamiento?
5. ¿hasta el momento cómo han solucionado los conflictos? ¿han tenido que darle solución a nivel municipal o a nivel estatal? ¿Cómo fue?
6. ¿Han solicitado asesoría, capacitación, taller, etc., para el mantenimiento, mejora o buen funcionamiento de tales obras? ¿Cuáles y quiénes?

GUIÓN 2

EJE TEMÁTICO: PERCEPCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA LOCALIDAD

Concepto de agua

1. ¿Qué es el agua para usted? ¿Qué significado tiene en su vida el agua? ¿qué significa para la comunidad el agua? ¿El tener agua o no tenerla como influye en su forma actuar?
2. ¿comenté qué sabe del acuífero (agua subterránea, funcionamiento, disponibilidad, etc.)?
3. ¿Cómo cuida el agua en el campo o cultivo, comercio, etc.? ¿Por qué lo hace o por qué no lo hace?
4. ¿llevan a cabo alguna actividad para evitar la contaminación del agua y del acuífero? ¿Cuales?

Organización y administración

1. ¿Quién administra el agua en los cultivos o en el campo? ¿cómo lo realizan?
2. ¿Quién administra el agua en su comunidad? ¿Cómo lo realizan?
3. ¿Quién administran el agua en la región o Valle de Ocotlán? ¿Cómo lo realizan?
4. ¿Cómo consideras que es la organización del agua en tu comunidad?
5. ¿Qué desventajas tiene este tipo de organización?
6. ¿Qué propones para fomentar, mejorar, la organización en tu comité, colonia, comunidad, etc.?

Equidad

1. ¿Considera usted que hay igualdad en la distribución del agua en su comunidad? Sí__ no__ ¿por qué?
2. ¿Cree que el agua está repartida de manera equitativa, entre hombres y mujeres? Sí__ no__ ¿por qué?
3. ¿Cree que el agua está repartida de manera equitativa, entre campesinos, comerciantes, empleados, etc.? Sí__ no__ ¿por qué?
4. ¿Cree que el agua está repartida de manera equitativa, entre los más ricos y los más pobres del lugar? Sí__ no__ ¿por qué?
5. ¿Considera usted que existe igualdad en la distribución de los pozos de absorción? Sí__ no__ ¿por qué?
6. ¿Cree que exista un factor preferencia (social, económico u otro) para que la gente pueda tener mayor cantidad y mejor calidad de agua disponible? ¿Cuál es?

Solidaridad

1. Aportaría su tiempo para construir más obras si conoce que se benefician los de aguas abajo?
2. Cree que usted tiene los mismos intereses que los demás con respecto al cuidado del agua? ¿A qué se debe?
3. Si trabaja para la construcción de más obras, cree que le reconozcan su esfuerzo?

ANEXO 3 RELACIÓN DE EDADES DE LAS PERSONAS ENTREVISTADAS EN SAN ANTONINO CASTILLO VELASCO

Sexo	Edad															Total
Mujer	82	68	60	55	54	46	45	43	41	28	24	21	-	-	-	12
Hombre	77	65	62	62	58	58	52	49	47	45	40	40 (2)	23	19	15	15

ANEXO 4 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS DE RECARGA

Los pozos de absorción son estructuras construidas con anillos de concreto, las bases no tienen recubrimiento, corresponden al medio físico (suelo) donde se infiltra el agua al subsuelo, y las tapas son de concreto con un pequeño orificio que sirve como respiradero (ver Figura 18). La función de la estructura es recibir e infiltrar los escurrimientos pluviales, que son conducidos a través de tubos de PVC (ver Figura 19) procedentes de un pozo arenoso o ingresan de modo directo.



Figura 18. Pozo de absorción



Figura 19. Pozo de absorción

Los pozos areneros también son estructuras construidas con anillos de concreto, tienen un tubo de conducción de PVC que conecta al pozo de absorción, y las tapas tienen una rejilla por donde ingresa el escurrimiento pluvial (ver Figura 20). Al interior de la obra, el volumen de los escurrimientos se va acumulando y una vez que alcanza la altura del tubo de PVC se conduce a través de él para ingresar al pozo de absorción. La función de la estructura es permitir el ingreso de los escurrimientos, facilitar la acumulación del material sólido o de arrastre (grava, arena y arcillas) y conducir el fluido al pozo de absorción, en donde se infiltra hacia el acuífero.



Tapa de concreto
con rejilla de acero

Figura 20. Pozo arenero

ANEXO 5 CARACTERIZACIÓN DE LAS OBRAS Y SITIOS MUESTREADOS

Pozo 1

Ubicación: se encuentra sobre la calle de prolongación de Arista, frente a la casa del Sr. Francisco Sánchez. Por la ubicación de la obra es fácil su acceso.

Responsable: No hay una persona asignada como responsable.

Fecha y proceso de construcción: En el año 2010 el municipio construyó la obra.

Mantenimiento: no se ha realizado desde su construcción



Figura 21. Pozo de absorción 1

Datos del pozo de absorción

Coordenadas UTM 14N	Latitud 746383 Longitud 1858807
Nivel estático	5.3 m
Profundidad total	9.47 m
Brocal	0.46 m
Diámetro	1.26 m

La tapa del pozo cuenta con una rejilla de hierro de 0.50x0.50 m y no tiene pozo arenoso.

Observaciones: El agua que ingresa en el pozo procede de los escurrimientos que fluye en el camino o calle. En el área circundante se observó presencia de basura. No tiene pozo arenoso, porque no se construyó, según comentarios del Comité de Agua.

Pozo 2

Responsable: Alberto Arriaga y Juan Carlos Sánchez Santiago

Ubicación: se encuentra a un lado de un huerto de frutales, y a un costado de la carretera a Santa Ana Zegache y a San Cristóbal Ixcatlán.



Figura 22. Pozo de absorción 2.

Datos del pozo de absorción y del pozo de arenoso

Pozo de absorción		Pozo arenoso	
Coordenadas UTM 14N	Latitud 747271	Longitud 1860866	
Nivel estático	8.95 m	Nivel estático	0.50 m
Profundidad total	14.54 m	Profundidad total	1.90 m
Brocal	0.59 m	Profundidad construida	18 m
Diámetro	1.20 m	Rejilla fierro	¼"
		Separación del pozo de absorción	4.40 m

Observaciones: el arenero presentó sedimentos. En comentarios del Comité de Agua, en este lugar converge un gran volumen de escurrimientos superficiales procedente del camino. No se observó fuentes de contaminación, tampoco presencia de basura. El pozo de absorción se encuentra a un nivel superior del pozo arenero.

Pozo 3

Ubicación: se encuentra en la zona agrícola y en una zanja a un costado del camino, frente a un terreno de cultivo.

Responsable: Filemón Sánchez Hernández e integrantes del Comité de paraje.

Fecha y proceso de construcción: En el año 2008 los vecinos solicitaron la obra en el municipio, el cual aportó los materiales y un trabajador para hacer el pozo, los usuarios contribuyeron con la mano de obra durante la construcción.

Mantenimiento: el Comité del paraje realizó el mantenimiento en el año 2017 y según comentarios de los usuarios de la obra se organizan cada año para realizar las actividades de mantenimiento.



Figura 23. Pozo de absorción 3



Figura 24. Pozo arenero

Datos del pozo de absorción y del pozo arenero

Pozo de absorción		Pozo arenero	
Coordenadas UTM 14N	Latitud 745963	Longitud 1859892	
Nivel estático	11.50 m	Nivel estático	12.93 m
Profundidad total	14.79 m	Profundidad total	18.16 m
Brocal	0.87 m	Profundidad construida	18 m
Diámetro	1.20 m	Rejilla fierro	3/8"
		Diámetro	1.20 m
		Separación del pozo de absorción	4.50 m

Observaciones: El agua que ingresa en la obra procede principalmente de los escurrimientos del terreno. En el área no se observó basura, según comentarios de los responsables de la obra, realizan la limpieza de la zona anualmente.

Pozo 4

Responsable: Sr. Julio Silva Godínez

Ubicación: se encuentra en una propiedad privada en el terreno del Sr. Julio Silva, el pozo se ubica a un costado del cultivo de flores.

Fecha y proceso de construcción: fue primero un pozo de aprovechamiento con más de veinte años de servicio. Al secarse el agua, el dueño lo adaptó como de absorción.

Mantenimiento: se desconoce la última vez que realizó el mantenimiento.



Figura 25. Pozo de absorción 4

Datos del pozo de absorción

Coordenadas UTM 14N	Latitud 745435 Longitud 1859621
Nivel estático	19.06 m
Profundidad total	26.47 m
Brocal	22 cm
Diámetro	92.5 cm

Sin pozo arenoso

Observaciones: los escurrimientos superficiales que ingresan a la obra vienen de los terrenos de cultivo cercanos. El agua que se infiltra en el pozo de absorción se usa para riego de cultivo de flores.

Pozo 5

Responsable: Sr. Herminio y vecinos

Ubicación: se encuentra a un costado de la calle Libertad del centro de la población.

Fecha y proceso de construcción: En el año 2007 se construyó la obra. Los vecinos se organizaron para la instalación del pozo.

Mantenimiento: el Comité realizó el mantenimiento en el año 2017.



Figura 26. Pozo de absorción 5.

Datos del pozo de absorción

Coordenadas UTM 14 N	Latitud 747103 Longitud 1859254
Nivel estático	6.43 m
Profundidad total	13.03 m
Brocal	0.20 m
Diámetro	1.45 m

Sin pozo arenoso

Observaciones: el registro funcionaba como pozo arenoso, y por recomendaciones de una institución de salud fue cerrado. En comentarios de los usuarios, el motivo fue evitar el ingreso de agua de mala calidad. Actualmente el agua que ingresa al pozo viene de un techado y es conducida directamente al pozo a través de una tubería de PVC.

Pozo 6

Responsable: Sr. José Leonardo Pérez Esperanza

Ubicación: se encuentra a un costado del arroyo San Juan.

Fecha y proceso de construcción: El dueño del predio comentó que se construyó en el año de 1999, para pozo de aprovechamiento, después se habilitó como pozo de absorción.

Mantenimiento: no se ha realizado el mantenimiento.



Figura 27. Pozo de absorción 6

Datos del pozo de absorción y del pozo de arenoso

Pozo de absorción		Pozo arenoso	
Coordenadas UTM 14N	Latitud 747458	Longitud 1859766	
Nivel estático	0.0 m	Profundidad	1.50 m
Profundidad total	12.75 m	Rejilla varilla	½"
Profundidad construida	15 m	Tamaño	55x50 cm
Brocal	0.33 m	Separación del pozo de absorción	6 m
Diámetro	1.25 m		

Observaciones: el escurrimiento que ingresa al pozo viene del cauce del arroyo San Juan, que en época de lluvias baja con un volumen significativo. Se observó basura y escombros de material de construcción a escasos metros del pozo arenoso. Esta estructura contenía un volumen de sedimentos, de color grisáceo y con mal olor.

Pozo 7

Ubicación: se encuentra a un costado de un cultivo de flores y a orilla del camino, en el paraje de la Santa Cruz y es de fácil acceso el lugar.

Responsable: Comité de la Santa Cruz

Fecha y proceso de construcción: En el año 2014, el Comité del paraje solicitó la obra al municipio quien la construyó.

Mantenimiento: el Comité del paraje realizó el mantenimiento en el año 2017, según comentarios de los usuarios de la obra se organizan cada año para realizar las actividades de mantenimiento.



Figura 28. Pozo de absorción 7.

Datos del pozo de absorción y del pozo de arenero

Pozo de absorción		Pozo arenero	
Coordenadas UTM 14N	Latitud 747639	Longitud 1860148	
Nivel estático	11.50 m	Nivel estático	1.02 m
Profundidad total	14.79 m	Profundidad	1.08 m
Brocal	0.87 m	Rejilla varilla	¼"
Diámetro	1.20 m	Diámetro	1.20 m
		Separación del pozo de absorción	4.5 m



Figura 29. Pozo arenero.

Observaciones: El agua que ingresa en la obra procede de los escurrimientos del camino. En el área no se observó basura, solo un montículo de tierra que fue extraído del pozo cuando realizaron el mantenimiento.

Pozo 8

Ubicación: se encuentra en el centro de la población, sobre la Avenida Castillo Velasco, a un costado del municipio.

Responsable: El municipio.

Fecha y proceso de construcción: el municipio construyó la obra.



Figura 30. Pozo de absorción 8.

Datos del pozo de absorción

Coordenadas UTM 14N	Latitud 746749 Longitud 1859227
Profundidad total	10.43 m
Diámetro	1.20 m

Observaciones: El agua que ingresa en la obra procede del techado del municipio y es conducida mediante tubería de PVC al pozo, por lo que no necesita pozo arenoso.

Pozo 9

Responsable: Arturo Hernández

Ubicación: se encuentra en el centro de la población, en la Avenida Castillo Velasco, sobre la banqueta de la calle y frente a un taller mecánico.



Figura 31. Pozo de absorción 9.

Datos del pozo de absorción y del pozo de arenero

Pozo de absorción		Pozo arenero	
Coordenadas UTM 14N	Latitud 747629	Longitud 1858980	
Nivel estático	0.50 m	Nivel estático	0.58 m
Profundidad total	8.49 m	Rejilla varilla	¼"
Brocal	0.67 m	Separación del pozo de absorción	5.50 m
Diámetro	1.27 m		



Figura 32. Pozo arenoso

Observaciones: el agua que ingresa al pozo procede de los escurrimientos superficiales que bajan en la calle. En el pozo arenoso se observó agua estancada con mal olor y de color grisácea.

Pozo 10

Responsable: el municipio

Ubicación: se encuentra en el Baratillo (mercado regional) a un lado de una galera vecina a la carretera a Santa Ana Zegache.

Fecha y proceso de construcción: el municipio construyó la obra.

Mantenimiento: se desconoce



Figura 33. Pozo de absorción 10

Datos del pozo de absorción

Coordenadas UTM 14N	Latitud 747809 Longitud 1860831
Profundidad total	3.15 m
Diámetro	1.27 m

Observaciones: el agua que ingresa al pozo de absorción procede del techado de la galera, conducida a través de tubería de PVC y se descarga alrededor de la obra. Por algún motivo no terminaron de conectar la tubería de PVC adentro del pozo de absorción. Cerca de la instalación se observó basura como bolsas de plástico.

Pozo 11

Responsable:

Ubicación: se encuentra en una banqueta de la calle Cuauhtémoc, en el centro de la población.

Fecha y proceso de construcción: se construyó en el año 2017. Según comentarios del dueño del predio, él financió una parte del sistema de recarga y la otra mitad fue apoyado por el apoyo solicitado en el municipio. El interés de construir la obra fue para el riego de plantas al interior de la vivienda, y los resultados fueron buenos, el nivel del agua ascendió en el pozo de aprovechamiento que hay al interior de la vivienda.

Mantenimiento: es de reciente construcción y su costo osciló alrededor de los \$50 000, y todavía no se ha realizado el mantenimiento. Al fondo del canal se observó sedimentos, arena fina.



Figura 34. Pozo de absorción 11

Datos del pozo de absorción

Coordenadas UTM 14 N	Latitud 746982 Longitud 1858767
Profundidad total	11 m
Diámetro	1.20 m



Figura 35. Canal arenero con rejillas

Observaciones: los escurrimientos que bajan en la calle, ingresan en las rejillas de la alcantarilla construida para recuperar el agua que escurre superficialmente y se conduzca al pozo de absorción.

Pozo 12

Responsable: Constantino Hernández Sánchez

Ubicación: se encuentra en el paraje la Loma, camino a San Sebastián.

Fecha y proceso de construcción: se desconoce



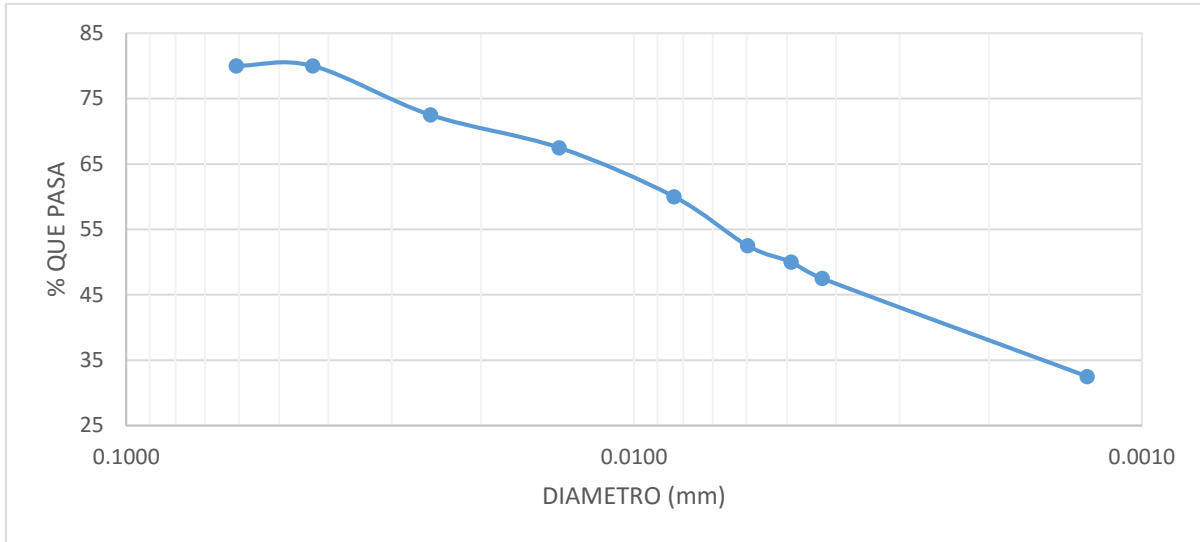
Figura 36. Pozo de absorción 12

Datos del pozo de absorción y del pozo de arenero

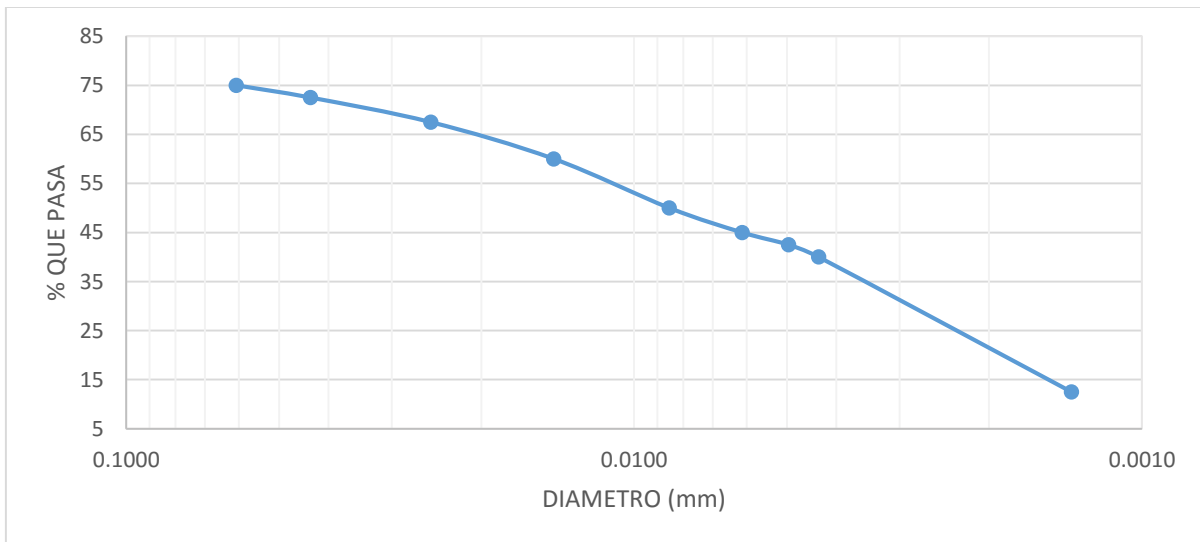
Pozo de absorción		Pozo arenero	
Coordenadas UTM 14 N	Latitud 744452	Longitud 1860099	
Nivel estático	0.0 m	Nivel estático	0.0 m
Profundidad total	7.12 m	Rejilla varilla	1.80 m
Brocal	0.40 m	Separación del pozo de absorción	3.50 m
Diámetro	1.20 m		

Observaciones: el escurrimiento que ingresa al pozo de absorción procede del terreno de cultivo donde siembran hortalizas. No se observó basura, el sitio es accesible por el camino de San Sebastián.

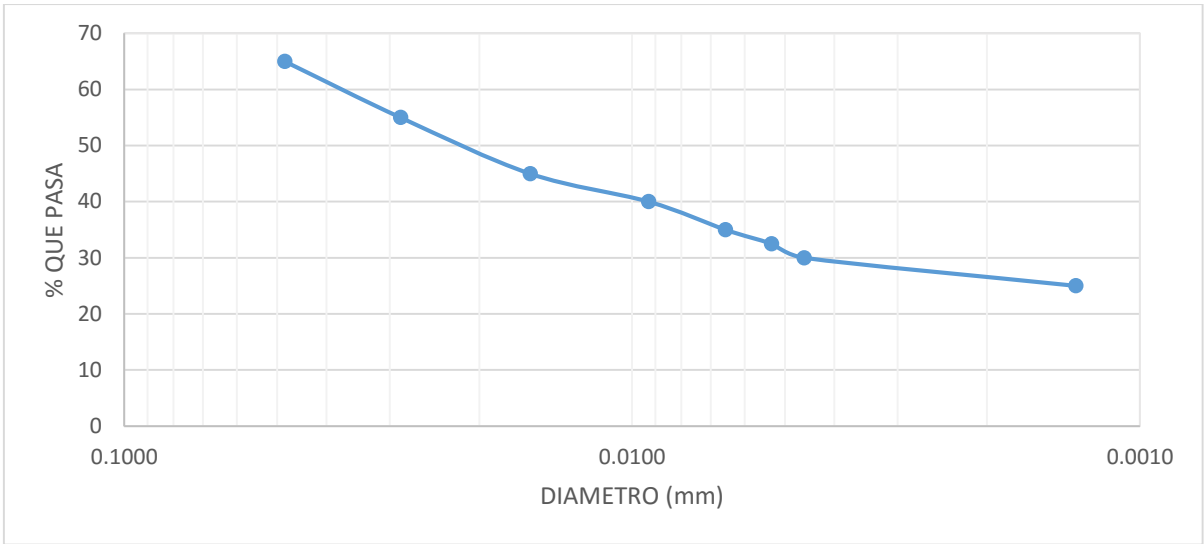
ANEXO 6 CURVAS GRANULOMETRICAS DE LAS MUESTRAS RECUPERADAS EN LOS POZOS ARENEROS



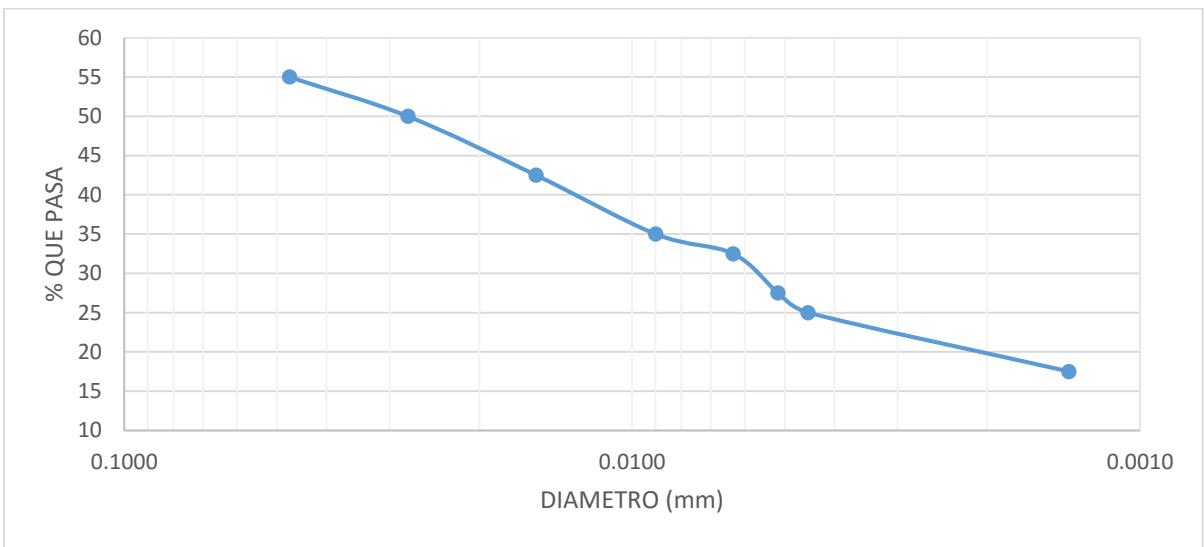
Curva granulométrica del pozo arenoso, sitio 2.



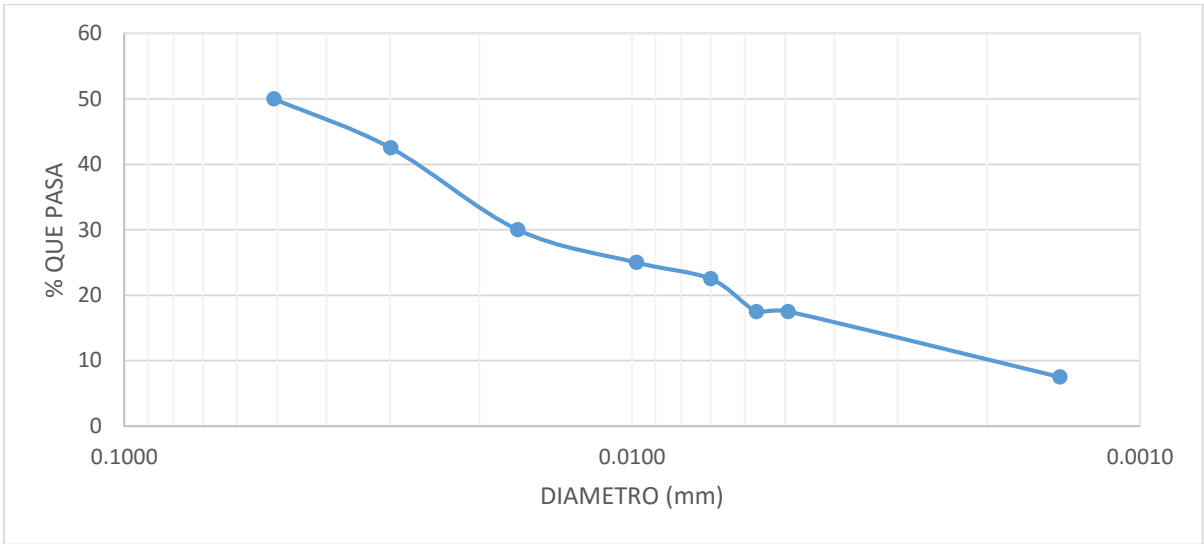
Curva granulométrica del pozo arenoso, sitio 3.



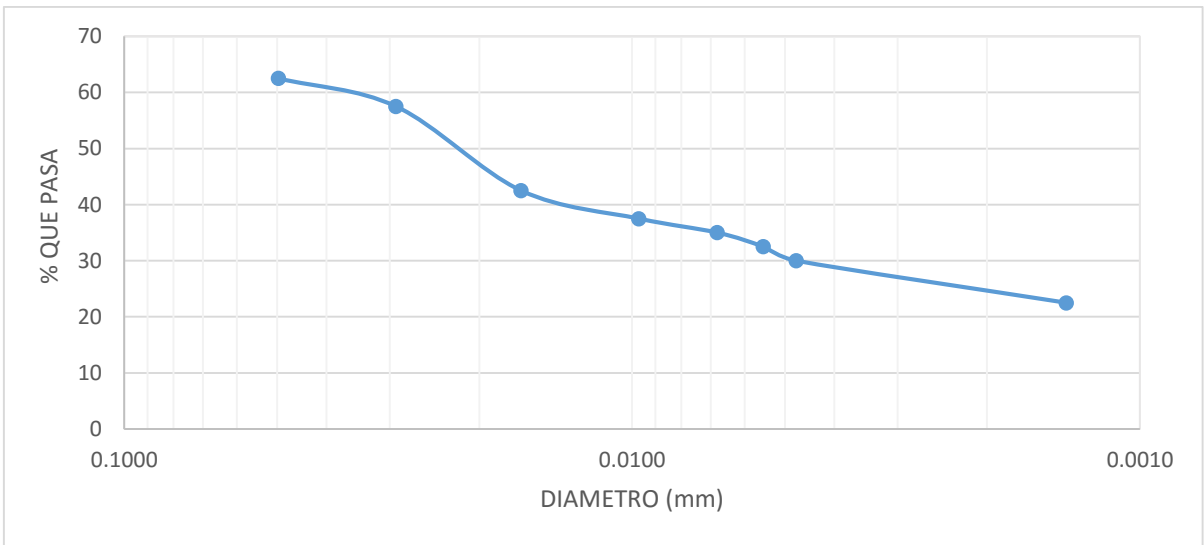
Curva granulométrica, pozo arenoso del sitio 4.



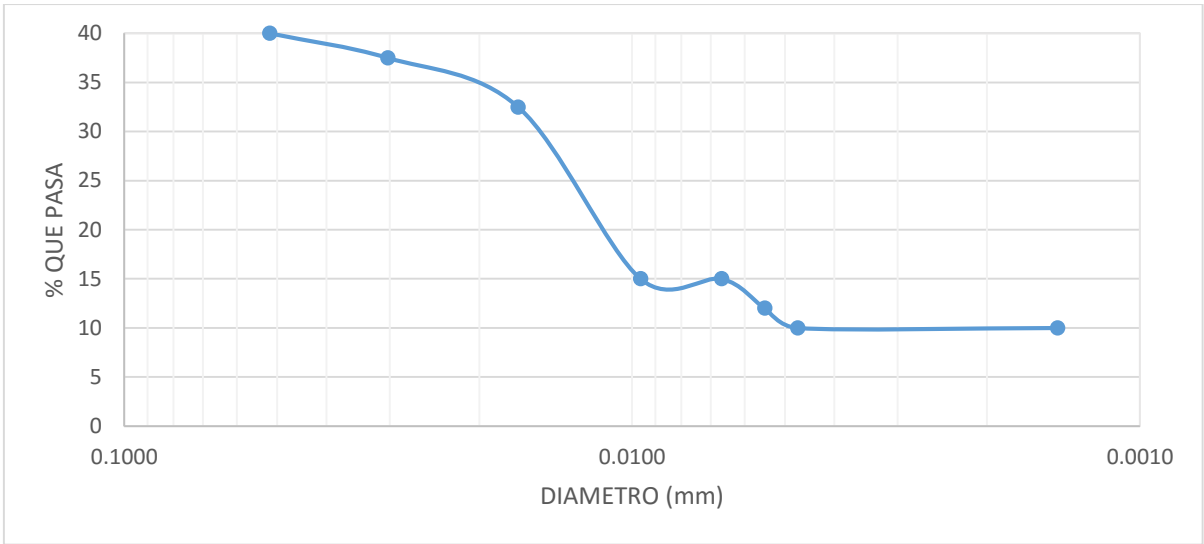
Curva granulométrica, pozo arenoso del sitio 5.



Curva granulométrica del pozo arenoso, sitio 6.



Curva granulométrica, pozo de absorción del sitio 11.



Curva granulométrica, pozo arenero del sitio 12.