



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

**COORDINACIÓN DE GOBERNANZA DEL AGUA Y
FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES**

**SUBCOORDINACIÓN DE POSGRADO Y
EDUCACIÓN CONTINUA**

PIAC

**SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE USO DE LOS JAGÜEYES
EN EL MANEJO DEL AGUA, EN LA CIUDAD DE ATLIXCO, PUEBLA**

que para obtener el grado de
**Maestro en Gestión Integrada de los
Recursos Hídricos**

p r e s e n t a
Celina Rodríguez Puente

Jiutepec, Morelos

Año: 2023

F.C4.03.44.1





Con fundamento en los artículos 21 y 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor y como titular de los derechos moral y patrimoniales de la obra titulada "SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE USO DE LOS JAGÜEYES EN EL MANEJO DEL AGUA, EN LA CIUDAD DE ATLIXCO, PUEBLA", otorgo de manera gratuita y permanente al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, autorización para que fijen la obra en cualquier medio, incluido el electrónico, y la divulguen entre su personal, estudiantes o terceras personas, sin que pueda percibir por tal divulgación una contraprestación.

CELINA RODRÍGUEZ PUENTE

Atlixco, Puebla, 25 de mayo del 2023

F.C4.03.43.1





MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Proyecto de Innovación y Aplicación del Conocimiento (PIAC)

Ante el Jurado integrado por:

Presidente: Dr. Héctor Alonso Ballinas González
Secretario: Dra. Cipriana Hernández Arce
Vocal 1: Dra. Alejandra Peña García
Vocal 2: Dr. Sergio Vargas Velázquez

Director de tesis

Dra. Alejandra Peña García

Jiutepec, Morelos
Instituto Mexicano de Tecnología de Agua





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



IMTA

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

AGRADECIMIENTOS

A mi tutora la Dra. Alejandra Peña García por su comprensión en los momentos complicados y por su orientación en los temas desarrollados en este proyecto, a mis tutores del comité que me hicieron investigar con mayor profundidad y conocer nuevos enfoques particularmente lo referente a investigación social, un aspecto poco estudiado por mi parte dada mi formación ingenieril previa. A los ejidatarios y pequeños propietarios que me brindaron la información y compartieron conmigo parte de su tiempo, les agradezco su gentileza y aprecio su conocimiento.

Al IMTA y SOAPAMA como instituciones que abordan el manejo del agua desde su propio ámbito, me considero afortunada por haber podido estudiar en una institución con el reconocimiento que tiene el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; así como agradecida con el Organismo Operador que me da el sustento diario.

A los docentes que me fueron formando en el camino y de quienes he tomado aprendizajes valiosos y no solamente de tipo académico, en especial al Dr. Enrique Navarro a quien guardo especial afecto y por quien inició mi interés en temas del agua.

Por supuesto a toda mi familia, a mi hija y pareja, quienes me motivan día a día para seguir adelante.



**SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE USO DE LOS JAGÜEYES EN EL
MANEJO DEL AGUA, EN LA CIUDAD DE ATLIXCO, PUEBLA.**

Propuesto por: Celina Rodríguez Puente

Línea de aplicación del conocimiento (LAC): Gestión y modelos de gobernanza del agua
urbana

Servicios Municipales de agua potable. Drenaje y saneamiento.

Tutor: [Dra. Alejandra Peña García](#)

Índice

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 03 |
| CAPITULO 1. MARCO CONTEXTUAL..... | 06 |
| 1.1. Descripción de la zona de estudio | 06 |
| 1.1.1. El municipio de Atlixco | 06 |
| 1.1.2. Características hidrológicas | 07 |
| 1.2. Reseña histórica del municipio de Atlixco..... | 10 |
| 1.3. Orígenes de los jagüeyes del valle de Atlixco | 12 |
| CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL | 13 |
| 2.1 Ostrom y los bienes comunes | 13 |
| 2.1.1 Las aportaciones de Ostrom en contexto | 15 |
| 2.1.1.1 El dilema del prisionero..... | 16 |
| 2.1.1.2 La tragedia de los bienes comunes..... | 17 |
| 2.1.1.3 La teoría de la elección racional y acción colectiva | 18 |
| 2.1.2 Las Instituciones en Ostrom..... | 19 |
| 2.1.2.1 Los ocho principios..... | 21 |
| 2.1.2.2 Las interacciones de los ocho principios | 25 |
| 2.1.3. Los jagüeyes como RUC y como estudio de caso..... | 26 |
| 2.1.4. Las dificultades de la cooperación | 27 |
| 2.2. Conceptos de hidrología..... | 28 |
| 2.2.1. Reglamentación de las aguas de Atlixco | 28 |
| 2.2.2. Aforo con flotador | 29 |
| 2.3. Conceptos de calidad del agua | 29 |
| CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE JAGÜEYES..... | 31 |
| 3.1. Definición de jagüey..... | 31 |
| 3.2. Ubicación de los jagüeyes | 31 |
| 3.3. Características y diagnóstico de los jagüeyes seleccionados | 33 |
| 3.3.1 Jagüey San Juan La Sabana..... | 33 |
| 3.3.2 Jagüey San Diego Acapulco..... | 35 |
| 3.3.3 Jagüey Guadalupe Victoria | 37 |
| 3.3.4 Jagüey Cabrera | 38 |
| 3.3.5 Jagüey Ixtahuixtla..... | 39 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 4. TRABAJO DE CAMPO Y ANÁLISIS | 42 |
| 4.1. Componente ambiental (calidad del agua) | 42 |
| 4.2. Componente hidrológico (medición de aforos)..... | 44 |
| 4.3. Componente social (los 8 principios)..... | 46 |
| 4.4. Integración y relaciones entre los componentes..... | 50 |
| CAPÍTULO 5. REFLEXIONES FINALES | 55 |
| REFERENCIAS | 58 |
| ANEXO. GUÍA DE ENTREVISTA APLICADA..... | 61 |

LISTA DE MAPAS, TABLAS Y FIGURAS

- Mapa 1. Cuenca del Atoyac y subcuenca del Rio Nexapa.
- Mapa 2. Municipio de Atlixco y subcuenca RH18.
- Mapa 3. Microcuencas de la localidad de Atlixco.
- Mapa 4. Cuerpos de agua y corrientes principales de la subcuenca del Rio Nexapa
- Mapa 5. Cuerpos de agua del municipio de Atlixco
- Mapa 6. Ubicación de los jagüeyes, identificando los seleccionados.
- Mapa 7. Elementos del sistema del jagüey de San Juan La Sabana
- Mapa 8. Elementos del sistema del jagüey de San Diego Acapulco
- Mapa 9. Elementos del sistema del jagüey Guadalupe Victoria.
- Mapa 10. Elementos del sistema del jagüey Cabrera.
- Mapa 11. Elementos del sistema del jagüey Ixtahuixtla.
- Mapa 12. Clasificación de la calidad del agua de salida de los 5 jagüeyes seleccionados

- Tabla 1. Resumen de acontecimientos históricos de la ciudad de Atlixco.
- Tabla 2. Esquema de los tipos de bienes (Ostrom, 2009, citado por Merino. 2016)
- Tabla 3. Escala de clasificación de la calidad del agua, con base en la DQO.
- Tabla 4. Resultados de la DQO.
- Tabla 5. Resultados de aforos
- Tabla 6. Comparativa de resultados vs reglamentación
- Tabla 7.-Cuadro comparativo de componentes y resultados por jagüey

- Figura 1.- Sitios arqueológicos localizados en el Valle de Atlixco (Plunket, 1990).
- Figura 2 y 3.- Estructura de salida de agua del jagüey La Sabana, vista frontal y perfil
- Figura 4 y 5.- Canal de entrada al jagüey La Sabana
- Figura 6. Jagüey San Diego Acapulco vacío
- Figura 7. Canal de agua de llegada al jagüey
- Figura 8. Aspecto del interior del jagüey Guadalupe Victoria
- Figura 9. Jóvenes estudiantes en labores de limpieza del jagüey
- Figura 10. Jagüey Cabrera
- Figura 11. Vista del agua con plantas sumergidas
- Figura 12. Vista del agua contenida en el jagüey Ixtahuixtla
- Figura 13. Desbordamiento lateral del jagüey
- Figura 14. Colector de aguas residuales roto
- Figura 15. Vista de la represa de la barranca el Carmen
- Figura 16. Trazo de canal de llegada al jagüey Guadalupe Victoria
- Figura 17. Canal bajo el puente del libramiento
- Figura 18 y 19. Registro de usuarios de agua del jagüey de La Sabana.
- Figura 20. Reunión matutina en el jagüey
- Figura 21. Beneficiado del riego del día
- Figura 22 y 23. Luis y Salomón limpiando sus respectivos tramos de canal.
- Figura 24. Arquetipo La tragedia del terreno común
- Figura 25. Arquetipo Erosión de metas
- Figura 26. Arquetipo Desplazamiento de carga

INTRODUCCIÓN

La localidad de Atlixco Puebla, se encuentra inmersa dentro de un sistema de acequias, canales y jagüeyes, estos últimos introducidos en la región en tiempos coloniales, como una mejora tecnológica y que, con el paso del tiempo han quedado dentro de la zona urbana, lo que conlleva ciertas complicaciones, no obstante, en su mayoría han prevalecido a través del tiempo, por lo que, resulta de interés averiguar qué aspectos desde la perspectiva social, hidrológica y ambiental, hacen que se continúen utilizando así como saber en qué condiciones se encuentran, con la finalidad de identificar áreas de oportunidad para en su momento plantear propuestas de mejora.

Se aborda inicialmente, un apartado de la historia sobre el origen de los jagüeyes en el valle de Atlixco; a propósito del análisis de esta etapa, durante la época colonial, los jagüeyes se incorporaron a la infraestructura hidroagrícola prehispánica para resolver ciertas problemáticas de la época, a los que con el paso del tiempo se les fue dando distintos usos, hasta el día de hoy que principalmente forman parte de los sistemas de riego de zonas parceladas de la región.

La temática social de organización y de manejo de los jagüeyes, se analiza bajo los ocho principios planteados por Ostrom, cuya descripción se detalla en el marco conceptual, por considerarse estos como recursos de uso común de larga duración, que son manejados por instituciones de acción colectiva; como parte de la investigación se incluye el aspecto de calidad del agua a los jagüeyes seleccionados del municipio de Atlixco, mediante la determinación de un parámetro de calidad del agua, la demanda química de oxígeno, como parte de la perspectiva ambiental, por tratarse este de un parámetro que da una idea general de la situación de contaminación del recurso hídrico; mientras que del componente hidrológico se analiza el caudal medido.

Justificación.

Un jagüey califica como recurso de uso común, porque la exclusión de usuarios resultaría difícil, a menos que el sistema este permanentemente vigilado, cuestión que sería bastante costosa ya que habría que considerar desde la obra de toma y derivación, la conducción mediante canales y la distribución hacia las parcelas; también existe competencia por las unidades de recurso disponibles, ya que el uso de una cantidad determinada efectuada por una persona, reduce la cantidad total del recurso disponible para los otros.

Los usuarios de jagüeyes tienen régimen de derechos de apropiación, por lo tanto, deben cumplir ciertas reglas instituidas, esto conlleva a identificar la aplicación de los principios de los recursos de uso común (RUC) enunciados por Ostrom, en el caso de la supervisión, por ejemplo, es una práctica común realizar riegos rotativos, en los que los regadores se vigilan entre sí para realizar los riegos durante el tiempo que les corresponde, particularmente en temporada de sequía.

Por otro lado, antes de proponer alguna mejora tecnológica, resulta indispensable entender el contexto de la manera más completa posible, ya que, de acuerdo a la experiencia de algunos investigadores, se ha observado que cuando se impone alguna tecnología externa como medida para hacer un manejo que se considera mejor, han fracasado, posiblemente al no saber integrar la acción colectiva en la consecución de los objetivos o al no reconocer los derechos de organización de los usuarios.

Objetivo General.

- Analizar la situación actual de los jagüeyes de la zona urbana y conurbada de Atlixco, considerando tres dimensiones: social, hidrológica y ambiental, para identificar sus fortalezas y debilidades, así como áreas de oportunidad para su mejora.

Objetivos Específicos.

- Medir el involucramiento de los actores sociales en el manejo y operación de los jagüeyes, mediante entrevistas semi-estructuradas.
- Medir la calidad del agua de los jagüeyes mediante la determinación de la demanda química de oxígeno.
- Medir el caudal de agua de los jagüeyes para determinar su condición hidrológica.

Metodología

El trabajo que se presenta desde un enfoque interdisciplinario tiene la característica de reunir un conjunto de herramientas de análisis que han permitido observar y analizar el manejo del agua a través de jagüeyes como tecnologías ancestrales y de larga duración, mediante tres dimensiones la social, hidrológica y ambiental. Parte de las siguientes etapas:

1. Recopilación de información
2. Medición y herramientas utilizadas
3. Análisis sistémico y elaboración de arquetipos

En cuanto a la recopilación de información, se realizaron las actividades correspondientes a la investigación bibliográfica, principalmente en archivo electrónico del Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Atlixco; y procesamiento de la información obtenida en el sistema de información geográfica. Así como la obtención de información mediante trabajo de campo que incluye entrevista, recorrido al sitio para ubicar las estructuras de almacenamiento, conducción y reparto del agua, pláticas con miembros del comité de riego y toma de muestra para análisis de agua; por lo que, dadas las limitantes establecidas por situación de salud pública ocasionadas por el virus SARS-CoV2, el alcance de esta investigación se vio disminuido, particularmente lo relacionado a la aplicación de entrevistas, acotándose en el componente social específicamente a la sociedad de pequeños productores de San Juan La Sabana, ubicado en el municipio de Atlixco, por ser esta localidad, geográficamente de las últimas en recibir el agua proveniente del manantial Atlimeyaya, al jagüey ubicado en la colonia Guadalupe Victoria, mismo que se encuentra dentro de la mancha urbana y que es manejado por el ejido Emiliano Zapata Nexatengo; y al jagüey del ejido San Agustín Ixtahuixtla, con esto se espera tener una visión general de la distribución del agua, así como de la problemática existente, integrándola mediante un enfoque sistémico para trazar un esbozo de perspectiva respecto a su uso.

En lo que respecta a la medición y herramientas utilizadas, para la generación de los mapas se empleó el software de código libre QGis versión 2.18, que también fue de gran apoyo para la

identificación y selección de los jagüeyes, complementándose con recorridos de reconocimiento de la zona de estudio para la ubicación de estos dentro de la zona urbana de la localidad de Atlixco, identificándose la cuenca, subcuenca y microcuenca hidrológica a la que pertenecen, cotejando con la información obtenida del INEGI, del cual se descargó la información necesaria de su página oficial en la sección de hidrología.

Para medir la calidad del agua, se realizó la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), por ser un análisis que refleja la carga contaminante de las aguas analizadas, cuya determinación mediante kits de pruebas comerciales, está aprobada por la normativa mexicana, lo cual facilita su ejecución al no tener que preparar reactivos; para estas determinaciones se empleó el método de reflujos cerrados a escala, con un kit de análisis de la marca Merck, en un rango de 10 a 150 mg/L, para lo cual se tomaron muestras de agua tanto de la entrada como la salida de 5 jagüeyes: San Diego Acapulco, Guadalupe Victoria, Cabrera, San Agustín Ixtahuixtla, y San Juan La Sabana, para determinar el parámetro de calidad del agua de la demanda química de oxígeno, que posteriormente se comparó con los criterios de calidad del agua publicados por la Semarnat, para un mejor conocimiento del entorno ambiental.

Por lo que respecta al componente hidrológico, se realizaron los aforos correspondientes para determinar los caudales presentes al momento, mismos que fueron comparados con lo señalado por los reglamentos de distribución de aguas tanto de la Barranca El Carmen como del río Cantarranas; el método utilizado fue el aforo empleando flotadores, por tratarse de un método que, bajo ciertas condiciones mencionadas en el marco conceptual, resulta confiable y accesible.

En cuanto a la perspectiva social, se realizaron pláticas empleando entrevista semiestructurada, en total con 8 personas, 6 de ellas pertenecientes al comité de riego de pequeños propietarios de San Juan La Sabana, quienes participaron activamente en esta investigación, así como con la presidenta del comisariado ejidal de Emiliano Zapata Nexatengo y un usuario de riego del ejido de San Agustín Ixtahuixtla, se trató de guiar las pláticas lo necesario partiendo de una guía de entrevista, para realizar posteriormente la identificación de los ocho puntos de Ostrom, cabe señalar que en el caso de los ejidos esta actividad resultó más complicada de lo previsto puesto que, muestran desconfianza respecto al destino de la información recabada, situación que no permitió realizar todas las anotaciones que pretendía para no perder detalle alguno de sus respuestas.

Finalmente, para realizar el análisis sistémico y elaboración de arquetipos, integrando los distintos componentes, en primer lugar, se realizó un cuadro comparativo, seguido de la elaboración de arquetipos empleados como herramienta metodológica del pensamiento sistémico, buscando representar mediante diagramas preestablecidos, conocidos como arquetipos, las relaciones o interacciones dentro de los elementos para comprender la situación de una forma integral y a la vez identificar los aspectos clave para elaborar propuestas sostenibles.

CAPÍTULO 1

MARCO CONTEXTUAL

1.1 Descripción de la zona de estudio

En este capítulo se plantea la exploración de la zona de estudio, enfocándose al área urbana y conurbada de la localidad de Atlixco, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Atlixco, que es un lugar donde, desde la antigüedad, los jagüeyes han formado parte del manejo del agua. El análisis de los jagüeyes en esta zona tiene una gran relevancia porque reúnen característica e información, que permite el abordaje interdisciplinario requerido.

1.1.1. El municipio de Atlixco

El municipio de Atlixco, se localiza en la parte centro-oeste del Estado de Puebla. Abarca un área de 293.01 km² y se encuentra a una altitud promedio de 1840 msnm. Colinda al norte con el municipio de Tianguismanalco, al este con Santa Isabel Cholula, Ocoyucan, San Diego la Mesa Tochimiltzingo y la ciudad de Puebla; al sur con Huaquechula y Tepeojuma, y al oeste con Atzitzihuacán y Tochimilco. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 49` 30" y 18° 58` 30" de latitud norte y los meridianos 98° 18` 24" y 98° 33` 36" de longitud occidental. El municipio pertenece a dos unidades morfológicas divididas por la cota 2,000 que atraviesa del Noroeste hacia el Noreste (Valle de Puebla) y hacia el este (Valle de Atlixco); ambos valles descienden de las faldas meridionales de la Sierra Nevada. La orografía del terreno muestra su menor altura al sur con 1,700 m.s.n.m.; conforme se avanza hacia el Noroeste, el nivel del terreno va ascendiendo suavemente, por las estribaciones del Volcán Iztaccíhuatl; así el extremo Noroeste alcanza la cota 2,500 m.s.n.m.

El centro del municipio de Atlixco es un extenso valle, que lo recorre de norte a sur, y es donde se concentran la mayor parte de las localidades y vías de comunicación. Al sureste, aparecen formaciones montañosas aisladas que culminan en los cerros de Zoapiltepec y Texistle, que alcanzan un nivel superior a los 2,100 msnm; también existen unos cerros aislados al norte, como el Pochote, Tecuitlacuelo, loma La Calera, el Charro.

En cuanto a clima en el municipio de Atlixco se presenta la transición entre los climas templados del norte del estado y los cálidos del sur; presentando dos variantes de clima el templado y cálido: Clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Es característico de las áreas montañosas del Noroeste, de las estribaciones de la Sierra Nevada. Clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano. Este se presenta al centro y sur del municipio, ocupando la mayor parte de éste. Clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Que se presenta al sureste y extremo noroeste, en las zonas montañosas.

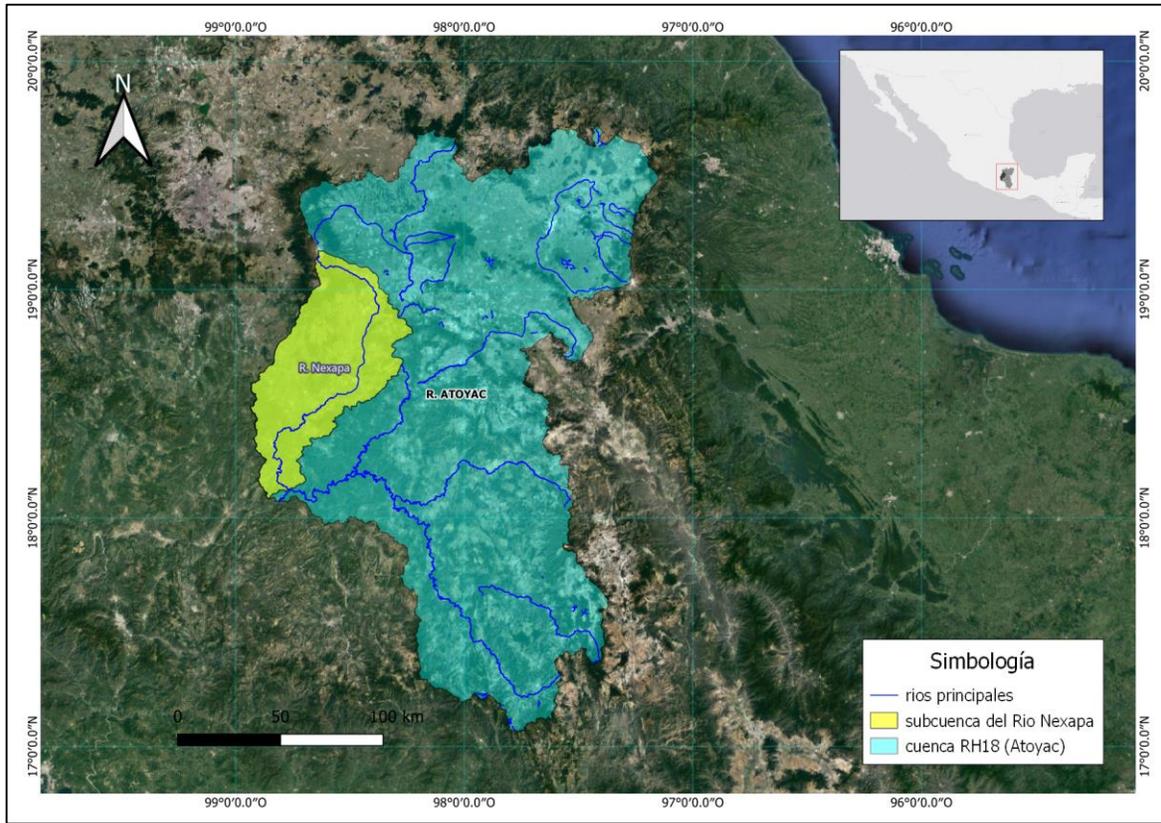
Una de las actividades económicas principales del municipio es la agricultura de riego, que se practica en las zonas planas, constituyendo un área igual o mayor que la de Izúcar de Matamoros; donde se siembran tanto cultivos anuales: maíz, trigo, frijol, sorgo, cebada, garbanzo, haba y cacahuate y algunas hortalizas como chile verde, jitomate, lechuga, col, zanahoria, calabacitas, rábano y chícharo entre otros. Así como perennes: alfalfa y algunos frutales: guayabas, duraznos, limones y aguacate criollo entre otros. Al Noroeste, en las estribaciones de la Sierra Nevada, se desarrolla agricultura de temporal. Aún existen pequeñas áreas al Norte y Noreste del municipio,

ocupadas por bosque de cedros y pinos, y al Sureste se puede observar pequeñas áreas de pastizal inducido, así como zonas de matorrales (IMTA, 2017).

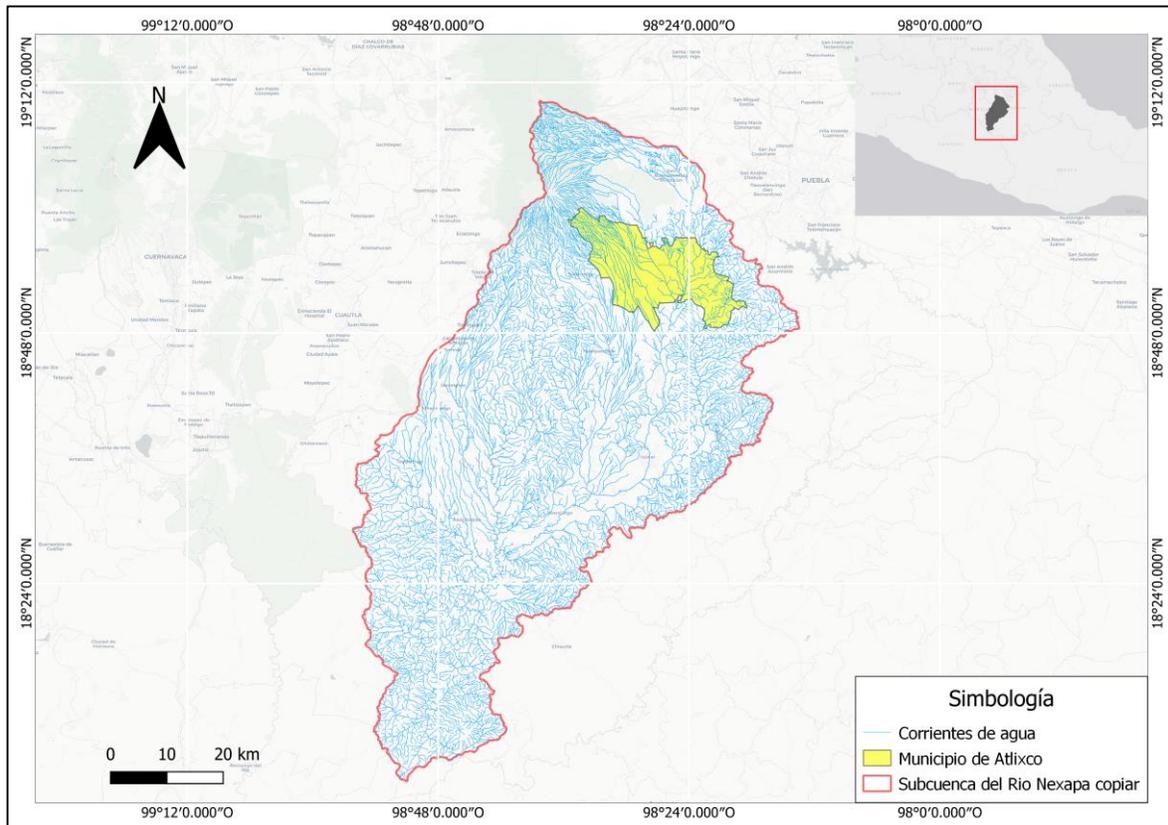
Los servicios públicos de suministro, recolección y saneamiento de aguas a los ciudadanos asentados en la cabecera municipal, son prestados por el Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Atlixco (SOAPAMA), que se creó conforme al acuerdo de cabildo del H. Ayto., el 28 de octubre de 1993 con el carácter de organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio. El suministro de agua potable a la población de la ciudad de Atlixco, y localidades aledañas que forman parte de la zona de atención del SOAPAMA; se realiza mediante 23 fuentes subterráneas, de las cuales son 22 las que están actualmente operando y una fuente superficial (manantial Axocopan, ubicado en la col. Chapultepec, Axocopan), mientras que para el saneamiento de las aguas residuales cuenta con una planta de tratamiento municipal con capacidad de 150 litros por segundo, que actualmente se encuentra equipada al 75%, con lo que su capacidad es de 112.5 litros por segundo, esta P.T.A.R. descarga en la parte baja del Río Cantarranas, a la altura de la localidad Santa Ana Coatepec. El SOAPAMA es un actor importante en los temas del agua de la ciudad, aun cuando la gestión de aguas pluviales y aguas de riego no son de su competencia, los ejidatarios acuden solicitando apoyos principalmente en temporada previa a lluvias para el desazolve de sus canales de riego. Además, en el caso particular de las aguas del jagüey de la colonia Guadalupe Victoria y de San Agustín Ixtahuixtla, se han detectado vertidos de aguas residuales de viviendas sobre las acequias y canales, siendo competencia del organismo regular este tipo de descargas.

1.1.2. Características hidrológicas

Hidrológicamente el municipio de Atlixco, pertenece por completo a la subcuenca del Río Nexapa, y a la cuenca del Atoyac. El municipio es regado por numerosas corrientes que provienen de las estribaciones del Iztaccíhuatl, siendo la principal el río Nexapa, uno de los pocos de carácter permanente y que cruza por la mitad del valle de Atlixco. Otras corrientes importantes en el municipio las constituyen el río Cuescomate que cruza la ciudad de Atlixco, el río Molino (llamado localmente Cantarranas) y el río Palomas. También existen numerosas corrientes temporales, originadas por deshielos del volcán Popocatepetl, que forman una gran cantidad de barrancas situadas al Noroeste del municipio. En gran parte del Valle de Atlixco se practica la agricultura de riego, para lo cual se ha construido todo un sistema de canales de riego distribuidos por todo el territorio, como el Sifón, la Candelaria, los Molinos, Catecuxco, Moraleda, etc.



Mapa 1.- Cuenca del Atoyac y subcuenca del Rio Nexapa. [Elaboración propia con datos del INEGI]



Mapa 2.- Municipio de Atlixco y subcuenca RH18. [Elaboración propia con datos del INEGI]

La región hidrológica es RH-18 (e) de la cuenca del río Balsas, de la subregión del Alto Atoyac subcuenca del río Nexapa (e), afluente importante del río Atoyac en el Estado de Puebla. Las corrientes superficiales más importantes de la zona, son las siguientes.

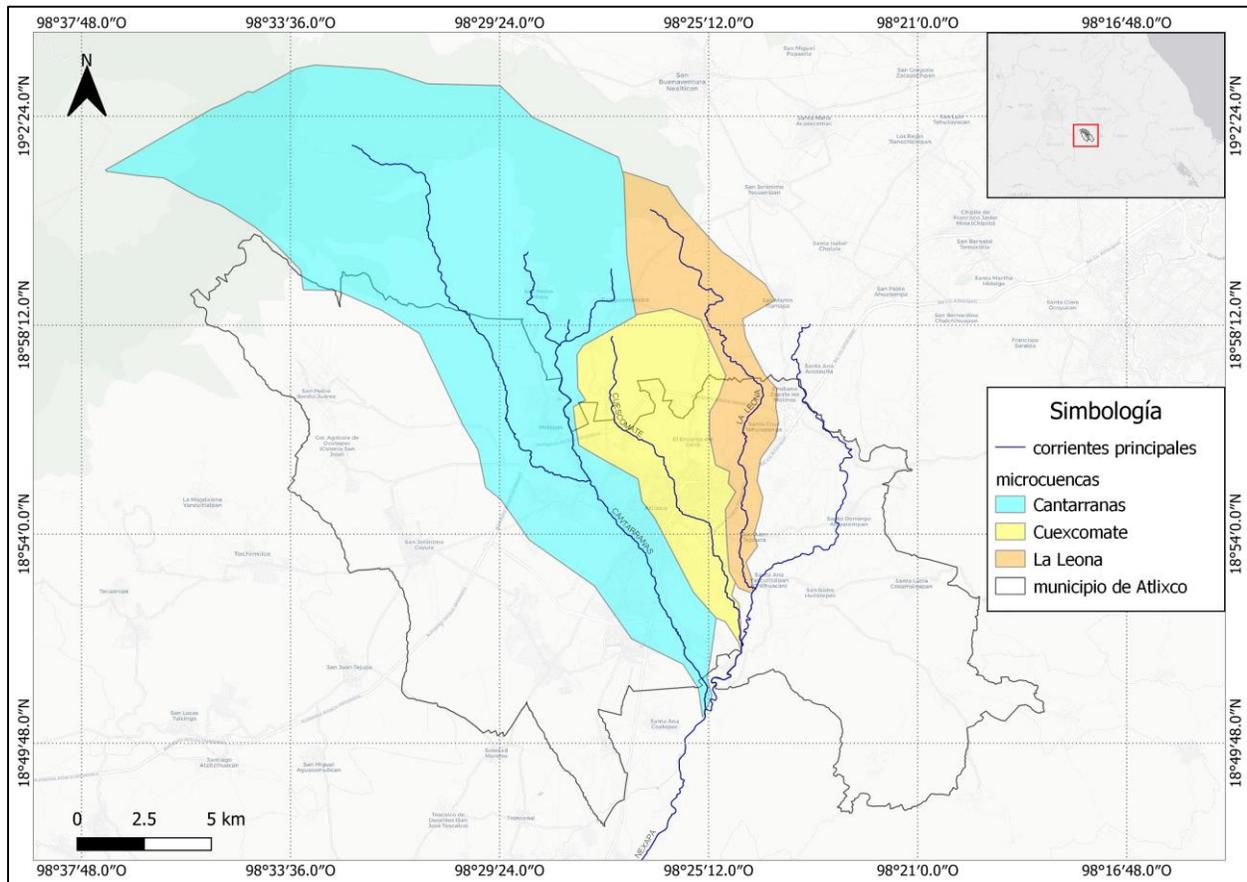
El **río Nexapa** es la corriente principal de la región, tiene su origen las cumbres de los dos volcanes, en lo que se refiere al área de estudio nace en las cañadas Xalipilcayatl, Cuacuyulula e Ylio que se unen y forman un cauce al cual se integra la barranca Huiloac que también tiene su origen en el Popocatepetl, más adelante se les unen los escurrimientos de Buenavista aporte del volcán Iztaccíhuatl, cruzan la localidad de Xalitintla y cerca de San Nicolás de los Ranchos se une el río Apol, cambia su nombre a La Molina y Xalapexco, cerca de la localidad de Nealtican (Solís et al., 2008).

El río Nexapa toma el nombre propiamente cerca de la localidad de San Jerónimo Tecuanipan en la unión de los ríos Xalapexco y Huiluapan; es la corriente principal que cruza el valle de Atlixco donde se le incorporan afluentes por su margen derecha: la Leona, el Cuexcomate, el Cantarranas, el Tlaxpuente y la barranca el Carrizal, el sitio de desembocadura de éste último es considerado el punto de descarga del área de captación (límite inferior) y se ubica cerca de la localidad de San Pedro Teyuca (Solís et al., 2008).

El río Cantarranas, nace en la cumbre del volcán Popocatepetl donde descenden corrientes que se infiltran a medida que pasan por los materiales permeables; una corriente de las más largas recibe el nombre de barranca la Colorada que termina cerca del cerro del Charro, donde descarga al río Cantarranas con el nombre de Tenamasacale cerca de la localidad de Santa Cruz; otra corriente nace con el nombre de Quimichule en las faldas del Popocatepetl y sigue la misma trayectoria que la anterior, cambia de nombre a Barranca Seca en la entrada de la ciudad de Atlixco donde desemboca el río Cantarranas. Entonces el río Cantarranas nace en los manantiales de Atlimeyaya y San Juan Tianguismanalco, donde se forman dos barrancas Xumetitla y Apiaxco, estas se unen antes de pasar por la localidad de Metepec donde toma el nombre de río Cantarranas, continúa por el valle y cruza la ciudad de Atlixco, termina en la desemboca en el río Nexapa cerca de la localidad de Santa Ana Coatepec (Solís et al., 2008).

La Leona esta corriente nace en las inmediaciones de San Juan Tianguismanalco al sureste de la meseta basáltica de malpaís, su dirección es noroeste a sureste y sigue una barranca profunda a lo largo de 10 kilómetros hasta la localidad de Emiliano Zapata; continúa en un cauce menos profundo hasta entroncar con el Nexapa, al noreste de la localidad de Nexatengo (Solís et al., 2008).

El Cuexcomate ésta corriente nace al norte de la Ciudad de Atlixco en la unión de dos corrientes intermitentes: La Barranca Tecoa y La Barranca Zapotitlán; cruza la ciudad de Atlixco y desemboca en el Nexapa cerca de la localidad de La Libertad, tiene una longitud aproximada de 8 kilómetros (Solís et al., 2008).



Mapa 3.- Microcuencas de la localidad de Atlixco. [Elaboración propia con datos del INEGI y del SOAPAMA]

1.2 Reseña histórica del municipio de Atlixco

Atlixco, nombre azteca formado de Atl, Agua; Ixtla, llanura, valle (de Ixtli, cara, superficie); Tla, abundancia, y de la final co, que indica en; el conjunto forma la palabra Atl-ix-co que significa "Agua en el valle o en la superficie del suelo".

De acuerdo a la historia de Atlixco, tomada de la Enciclopedia de los Municipios, se dice que fue alrededor del año 1100, cuando antiguos pobladores teochichimecas, se asentaron en la región conocida como Cuauhquechollán "Águila que huye", después llamada Acapetlahuacan "Lugar de esteras de caña" y posteriormente Atlixco.

Derivado de recientes trabajos de remodelación, de la plazuela de la danza del cerro de San Miguel Atlixco, en octubre de 2020, arqueólogos del INAH, han descubierto vestigios arqueológicos cuyo elemento más notorio hasta ahora ubicado, es un piso de cal que preserva un escalón, cuya temporalidad podría remontarse a 900 o 700 años antes del presente. Dicho fechamiento, entre los años 1100 y 1300 d.C., coincide con las crónicas históricas que, hacia esa época, apuntan la llegada de migrantes toltecas-chichimecas y teochichimecas al valle de Atlixco (INAH, 2020).

Otro elemento que ayuda a calcular la antigüedad es un plato trípode semicompleto, que mide 25 centímetros de diámetro y tiene una decoración en tonos negros sobre una base naranja. Sus motivos fitomorfos y líneas ondulantes asociadas al agua, coinciden con la tradición cerámica

chichimeca, reportada previamente en el sitio arqueológico de Atlixco, ubicado al poniente del mismo cerro San Miguel (INAH, 2020).

A partir de la segunda mitad del siglo XIV, empiezan una serie de guerras entre los grupos que habitan el Valle de Atlixco, los Cuauhquecholtecas, y varios de los señoríos del Valle Poblano, particularmente Huexotzinco, en colaboración con Calpan, logran conquistar el grupo asentado en Huehucuahquechollan, y los dos señoríos dividen el territorio del valle entre ellos, poblándolo con sus propios terrazgueros, tomado Huexotzingo el valle donde estaba Huehucuahquechollan, y los cuauhquecholtecas tuvieron que huir hacia el Sur, para re-establecerse en un nuevo asentamiento, hoy Huaquechula (Dyckerhoff, 1988, citado por Plunket, 1990).

La posesión del valle a la llegada de los españoles se encontraba bajo el dominio de Huejotzingo. Pedro del Castillo y Cristóbal Ruiz de Cabrera fundan la Villa de Carrión, hoy Atlixco, el 22 de septiembre de 1579. En 1632 fue designada cabecera, independiente de Huejotzingo con once poblaciones a su cargo.

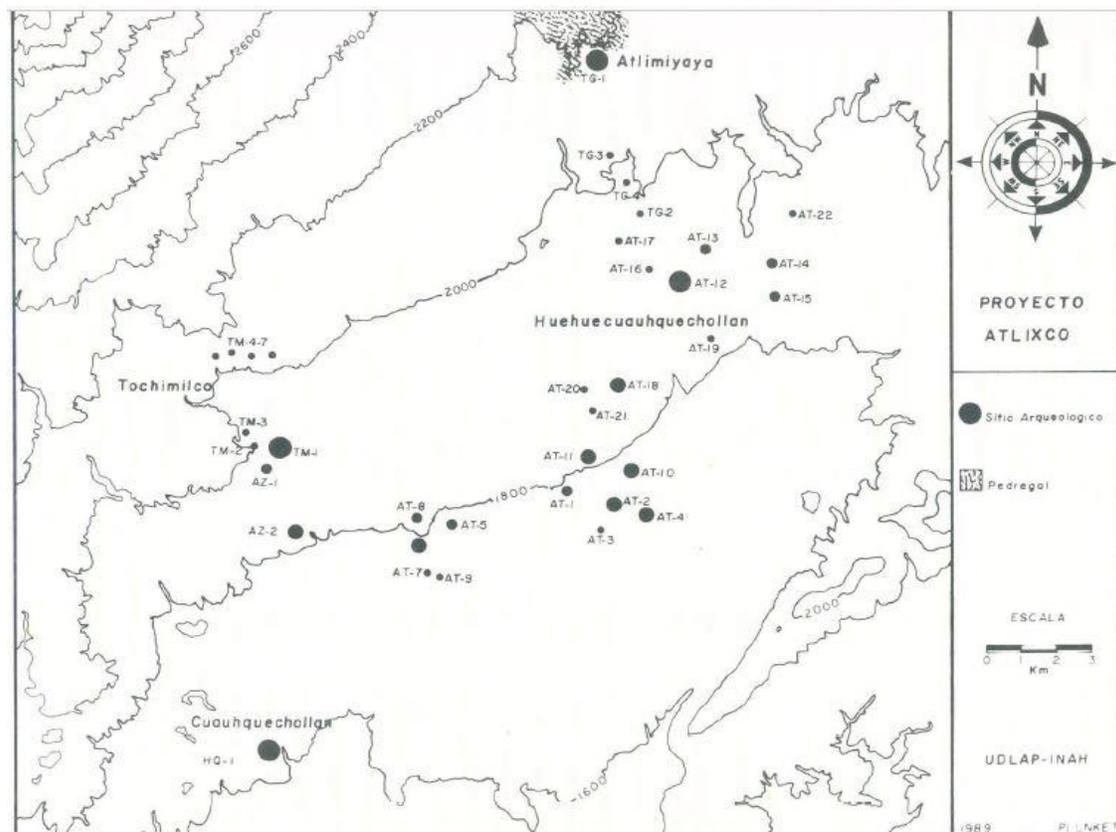


Fig. 1.- Sitios arqueológicos localizados en el Valle de Atlixco (Plunket, 1990).

El 3 de marzo de 1706 se convierte en una especie de señorío, otorgado por el Rey Felipe V a don José Sarmiento de Valladares concediéndole el título de primer Duque y Señor de Atlixco. Debido a los acontecimientos que se suscitaron en la época independiente, el general Nicolás Bravo, presidente suplente de la República, le dio el título de Ciudad de Atlixco el 14 de febrero de 1843.

Tabla 1. Resumen de acontecimientos históricos de la ciudad de Atlixco.

| Año | Acontecimiento |
|------|--|
| 1100 | Llegan a establecerse los primeros pobladores. |
| 1579 | Fundación por Cédula Real del 22 de septiembre. |
| 1843 | El 14 de febrero se le concede el título de Ciudad. |
| 1847 | El 28 de enero el H. Ayuntamiento empieza a administrar el Hospital de San Juan de Dios. |
| 1862 | Derrota de los conservadores el 4 de mayo. |

1.3 Orígenes de los jagüeyes del valle de Atlixco.

El vocablo jagüey fue tomado del taíno de Santo Domingo y significaba pozo o cisterna; en Atlixco los jagüeyes, consistían en perforaciones en la tierra, generalmente de forma circular, en los que se acumulaba el agua (Castañeda, 2005). El surgimiento de esta infraestructura se remonta a la época de la Colonia, como un importante elemento de regadío que se integró al sistema físico de riego en el área, es decir, que había otros elementos de sistemas de riego previos a la llegada de los españoles a la región, tal y como lo señala Paredes, (1991), ya existía infraestructura hidráulica en la zona, tratándose esta de acequias de agua de riego:

El testimonio que se refiere al valle de Atlixco procede de una “vista de ojos” realizada por el licenciado Salmerón, prominente miembro de la Segunda Audiencia, máxima autoridad en la Nueva España entre los años de 1531 y 1535. El oidor registró una “acequia de agua de riego” en la parte nororiental del valle muy cerca de Malinalo, donde hoy existe un jagüey, al Sur de la Población de San Juan Portezuelo (Paredes, 1991)

Los españoles aprovecharon la infraestructura de canales y acequias existentes, pero también surgieron dos tecnologías que se incorporaron a las existentes, los jagüeyes y las tomas de agua mancomunadas (Escobedo, 1991, citado por Palerm, 1997)

El surgimiento de los jagüeyes, en Atlixco, se inicia en el siglo XVI con el establecimiento de las haciendas trigueras en la zona, las cuales, por la demanda de agua del cultivo, requerían almacenar el agua por la noche para emplearla al día siguiente (Castañeda, 2005), es así como comienza la construcción de estas estructuras para almacenar agua. Posteriormente en la época del porfiriato, se impulsó la emergencia de las fábricas textiles con generación de energía eléctrica, que empleaban el agua como fuerza motriz, varias de estas fábricas recurrieron también a la construcción de jagüeyes para represar el líquido durante los descansos, estrategia que permitía que después de los paros se pudiera obtener más energía.

Actualmente los jagüeyes se emplean con fines de irrigación de cultivos de los ejidos existentes en la zona parcelada.

Es así que concluye el contexto de la región de estudio, pasando ahora al capítulo 2, en el que se detalla el marco conceptual bajo el cual se apoya el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO 2 MARCO CONCEPTUAL

El manejo del agua por los usuarios de riego de las zonas parceladas ubicadas en la periferia de la ciudad de Atlixco, se ha mantenido de una u otra forma a través del tiempo; la obra de Ostrom analiza la gobernanza de los recursos de uso común, como lo es en este caso el sistema de riego del que forman parte los jagüeyes como tecnologías de almacenamiento de agua, resultando de interés analizar nuestro caso considerando este enfoque que considera ocho principios identificados en asociaciones que perduran a través del tiempo; por lo que, en este capítulo se desarrolla una síntesis de la obra de Ostrom que servirá para contextualizar lo referente a la perspectiva de organización social entorno a los jagüeyes estudiados. Así también se incluye un apartado referente a aspectos hidrológicos y aspectos de calidad del agua, que se consideraron para desarrollar el trabajo de campo.

2.1 Aproximación metodológica y conceptual: Ostrom y los bienes comunes

Elinor Ostrom, politóloga, profesora de Ciencia Política en la Universidad de Indiana, codirectora del Workshop Teoría Política y Políticas Públicas en la misma universidad, y directora fundadora del Centro de Estudios de Diversidad Institucional en la Universidad Estatal de Arizona, quien fuera además ganadora del premio nobel por su análisis de la gobernanza económica, especialmente sobre los comunes, durante sus aproximadamente 50 años de carrera académica, enfocó sus esfuerzos en la investigación de los recursos de uso común, realizando aportaciones que cambiaron la forma en que se analiza a los recursos comunes, partiendo de dos condiciones: la sustractabilidad y la dificultad de excluir a los usuarios potenciales; a partir de las distintas expresiones de estas dos condiciones, E. Ostrom distingue cuatro tipos de bienes: 1) los bienes públicos (de baja exclusión y baja rivalidad); 2) los de uso (o acervo) común (de baja exclusión y alta rivalidad); 3) los bienes tarifa (de alta exclusión y baja rivalidad), y 4) los bienes privados (de alta exclusión y alta rivalidad). (Merino, 2014).

Tabla 2. Esquema de los tipos de bienes (Ostrom, 2009, citado por Merino. 2016)

| | | Sustractabilidad de uso | |
|---|------|---|---|
| | | ALTA | BAJA |
| Dificultad de excluir beneficiarios potenciales | ALTA | RUC: cuencas hidrológicas, lagos, sistemas de irrigación, pesquerías, bosques, etc. | Bienes públicos: paz, seguridad de una comunidad, defensa nacional, conocimiento, protección contra incendios, pronósticos del tiempo, etc. |
| | BAJA | Bienes privados: comida, ropa, automóviles, etc. | Bienes tarifa: cines, clubes privados, guarderías, etc. |

En resumen, los bienes comunes o recursos de uso común, de acuerdo a la conceptualización de Ostrom (2000), son bienes naturales o hechos por el hombre, cuya exclusión es difícil y costosa, lo cual significa que prácticamente cualquiera puede acceder a ellos. Puesto que las unidades del recurso son finitas, se genera rivalidad en el consumo, ya que el uso de una cantidad determinada efectuada por una persona, reduce la cantidad total del recurso disponible para los otros.

Otros aportes relevantes de Ostrom, en el tema de recursos naturales, a la definición de los RUC, es la distinción entre sistemas de recursos y unidades de recursos; ejemplificando, un área de pesca es un sistema de recursos así como las cuencas subterráneas, áreas de pastizales, canales de riego, puentes, estacionamientos, computadoras centrales, así como ríos, lagos, océanos y otros cuerpos de agua, mientras que las toneladas de peces que se capturan, las acres o metros cúbicos de agua que se extraen de un manto acuífero o de un canal de riego, las toneladas de forraje que consumen los animales de un área de pastizal, el número de veces que se cruza un puente por un año, los lugares de estacionamiento ocupados, las unidades de procesamiento central que se consume, y la cantidad de desperdicio biológico que absorbe un año un río u otra vía fluvial, constituyen las unidades del recurso; un sistema puede ser apropiado por más de una persona o una empresa, mientras que las unidades de recurso no pueden ser apropiadas por más de una persona (las toneladas de peces que captura una persona, ya no la puede capturar otra), es decir, las unidades de recursos se pueden extraer del sistema, siendo éstas finitas, por lo que pueden agotarse y el sistema puede degradarse hasta agotar su capacidad (Ostrom, 2000). El trabajo de E. Ostrom se centra en los recursos renovables, donde es posible definir un ritmo de reabastecimiento; mientras el ritmo promedio de sustracción no exceda el ritmo promedio de reabastecimiento, el recurso renovable se conserva a través del tiempo; y para su análisis emplea las categorías de *acervo* para referirse al sistema de recursos y *flujo* para indicar las unidades de recursos (Ostrom 2000, citado por Trujillo, 2016). En nuestro caso, tanto los jagüeyes como los canales, es decir el sistema de irrigación correspondería a la categoría de *acervo*, mientras que el *flujo* corresponde a las unidades del volumen de agua extraída y renovada (L/s ó m³/día, etc.)

Como describe Ramis (2013) de la obra de Ostrom, resulta necesario diferenciar claramente entre el *sistema de recursos* y el *régimen jurídico de derechos de propiedad*. Esto es necesario de establecer ya que los sistemas de recursos compartidos constituyen un tipo de bien económico reconocible independientemente de sistema de derechos de propiedad en que se encuentren. Por ejemplo, existen comunidades indígenas que mantienen sus tierras en régimen ejidal, aunque el marco legal en los años setenta les obligó a inscribir sus tierras de manera individual, por lo cual el sistema de recursos sigue siendo en los hechos un bien común. Los derechos de propiedad en el ámbito de los recursos de uso común se pueden ejercer de manera diferente y graduada. Se pueden identificar al menos cinco formas distintas de derechos de propiedad en este ámbito: acceso (es decir, el derecho de entrar en un determinado espacio físico), extracción (es decir, el derecho de extraer los usos de productos de un recurso), manejo (es decir, el derecho a regular normas internas de uso y transformar el recurso haciendo mejoras), exclusión (es decir, el derecho a determinar quién tendrá derecho al acceso y cómo ese derecho puede ser transformado) y alienación (es decir, el derecho a vender o alquilar cada uno los dos anteriores derechos). Estos derechos, si están bien definidos, se pueden ejercer en su totalidad o de forma parcial. Es posible obtener algunos y renunciar a otros, lo que permite una modulación y combinación de ellos con el fin de garantizar algún objetivo colectivo. (Schlager y Ostrom 1992, citado por Ramis, 2013).

Otra definición importante para la comprensión de los recursos de uso común, que abordó Ostrom, es la relativa a los conceptos de productores, proveedores y apropiadores, dice lo siguiente: “Llamo al proceso de sustracción del recurso ‘apropiación, quienes sustraen esas unidades son llamados ‘apropiadores’ [...]. El término que utilizo para referirme a los que se encargan de la provisión de un RUC es *proveedores*; *productor* lo uso para referirme a cualquiera que en verdad construye, repara o lleva a cabo acciones que aseguran el sostenimiento a largo plazo del propio sistema de recursos. Con frecuencia, proveedores y productores son los mismos individuos, aunque no

necesariamente tienen que serlo” (Ostrom 2000). Por ejemplo, el Estado puede ser proveedor de un bien y luego lo concede para la explotación de otros productores. (Ostrom, 2000)

Los bosques, los sistemas de riego, la pesca, las cuencas de agua subterránea, las tierras de pastoreo y el aire que respiramos son todos ejemplos de recursos de uso común (RUC). Debido a que nadie tiene derechos de propiedad o control sobre tal recurso, se asume con frecuencia que los usuarios de RUC están atrapados en un dilema ineludible: la sobreexplotación del recurso. Sin embargo, los usuarios de recursos comunes han superado en muchos casos los incentivos para destruir los recursos y han desarrollado instituciones duraderas que les permitieron utilizar estos recursos con mayor eficacia.

2.1.1 Las aportaciones de Ostrom en contexto

Entre los años 50's y 70's, surgieron tres modelos clásicos influyentes en el tema de los recursos de uso común y los problemas cooperativos: *la lógica de la acción colectiva*, propuesta por Mancur Olson en 1965, *el dilema del prisionero*, atribuido a Merrill Flood Meeks y Melvin Dresher en 1950, el cual fue perfeccionado por Albert W. Tucker en 1995, y *la tragedia de los comunes* planteada por Garret Hardin en 1968, estos enfoques se caracterizan por ofrecer visiones pesimistas frente a la posibilidad de cooperación humana y abogan por la intervención del estado y la privatización de los RUC con el fin de alcanzar óptimos sociales. Mientras que Ostrom, en la década de los 90's, plantea un enfoque revolucionario y optimista, e intenta demostrar que la cooperación humana sí es posible sin que sean necesarias la intervención del Estado o la privatización de los RUC. (Araral 2014, citado por Trujillo, 2016)

La teoría convencional, supone que analistas externos pueden imponer ciertas reglas óptimas que generarían resultados óptimos, estas reglas podrían hipotéticamente cambiarían el comportamiento de los participantes, pero no sus procesos internos de toma de decisiones. El equipo de estudios sobre el manejo de recursos de uso común evidenció la existencia de miles de ejemplos contrarios a las predicciones de la teoría convencional.

Estos modelos fortalecían la teoría convencional de sobreexplotación de los bienes comunes; basándose en ciertos supuestos que resultaban muy fuertes: suponía que los individuos poseían la información completa respecto la situación en la que se encontraban, incluyendo información sobre las preferencias de los otros actores, el espectro completo de acciones posibles y la probabilidad asociada con cada resultado de una combinación de acciones; por lo tanto, se esperaba que cada individuo seleccionara la estrategia que lo llevaría al desenlace que él consideraba mejor para sí mismo (Poteete, Jansen & Ostrom, 2012).

La investigación encabezada por Ostrom, no obstante, pone de manifiesto que la acción colectiva relacionada con los RUC es bastante más compleja que lo que suponía la teoría convencional, los niveles de cooperación se ven fuertemente impactados por el micro entorno inmediato de los individuos, entre los aspectos que inciden en este impacto se han destacado 1) las limitaciones cognitivas y la aversión a los riesgos, 2) las interacciones y normas sociales y 3) las interacciones entre las condiciones contextuales; observa que, una vez que los sujetos tienen la posibilidad de discutir una situación en un grupo cara a cara, la mayoría de ellos desarrolla estrategias conjuntas, así como la confianza y reciprocidad necesarias para llevarlas a cabo, contrariamente a las propuestas de la teoría convencional. (Poteete, Jansen & Ostrom, 2012).

Poteete, Jansen & Ostrom, (2012), establece que la investigación basada en distintos métodos ha demostrado de forma concluyente que los individuos pueden actuar colectivamente para manejar recursos naturales compartidos de manera sustentable, sostiene que numerosos estudios han demostrado que la acción colectiva puede ser robusta y perdurar durante generaciones.

La investigación de Ostrom respecto a la actuación colectiva en el manejo de los recursos plantea aspectos importantes en relación a los trabajos de Hardin y Olson; Ostrom, alertó contra la precipitada conversión de la metáfora de “la tragedia de los bienes comunes” en paradigma de la economía y las políticas públicas, con base en visiones de estados y mercados ideales considerados como panaceas institucionales y en torno a los impactos negativos de la imposición ideológica de esquemas de derechos y toma de decisiones de supuesta idoneidad universal (Merino, 2014); es decir, pone de manifiesto que ni los usuarios de bienes comunes ni ciudadanos en general se encuentran atrapados en condiciones en las que la cooperación resulta imposible al suponer que beneficiarían a los no cooperadores, ni los funcionarios gubernamentales e iniciativa privada son omnipotentes para solucionar los retos de la gestión de los más diversos bienes comunes en los variados contextos que se presentan.

Básicamente la crítica de Ostrom (2000), consiste en afirmar que estos modelos han sido usados metafóricamente como fundamento de políticas públicas aplicadas a los recursos naturales, y que no se han explorado otras alternativas diferentes a las soluciones estatales o de mercado, como, por ejemplo, la posibilidad de que las comunidades beneficiarias lideren procesos de autogestión (Trujillo, 2016).

2.1.1.1. El dilema del prisionero

En 1950 Merrill Flood Meeks y Melvin Dresher, plantearon la base del modelo de cooperación y conflicto, que más tarde fue perfeccionada por Albert William Trucker y que ahora se conoce como el dilema del prisionero.

El juego del dilema del prisionero, es un modelo de la cooperación mutua, en este juego, dos individuos pueden tomar cada uno la decisión de cooperar o desertar, la ganancia de la decisión tomada es en términos de bienestar, el dilema es el siguiente:

Dos sospechosos son tomados prisioneros y separados. El fiscal está seguro de que son culpables de un crimen, pero no posee la evidencia adecuada para condenarlos en un juicio. Le señala a cada prisionero que tiene dos alternativas: confesar el crimen que la policía está segura que cometieron, o no confesar. Si ninguno confiesa, entonces el fiscal sostiene que formulará contra ellos cargos falsos menores, como robos insignificantes y posesión ilegal de arma, y que ambos recibirán un castigo menor; si ambos confiesan, entonces serán procesados, aunque él recomendaría menos que la sentencia más severa; pero si uno confiesa y el otro no, entonces el confeso recibirá un tratamiento indulgente por ofrecerle evidencia al Estado, mientras que el último será tratado con todo el rigor de la ley, (citado por Ostrom, 2000)

Dadas sus posibilidades, cada jugador escoge la estrategia que más lo beneficia individualmente, independientemente de la elección del otro jugador. Puesto que la estrategia dominante de cada uno es *confesar*, ambos son condenados a ocho años de cárcel (ya que ambos son acusados). Sin embargo, esta elección que aparentemente es la mejor a nivel individual, no es la mejor a nivel colectivo, ya que ambos obtuvieron la pena máxima (Trujillo, 2016).

El dilema del prisionero se basa en dos premisas: información completa y ausencia de comunicación efectiva entre los individuos. Si la comunicación fuese permitida, aún está la posibilidad de la desconfianza mutua y el incumplimiento de acuerdos.

El dilema del prisionero, o más exactamente las situaciones que representa, crean un problema fundamental, porque queda claro el hecho de que *las decisiones racionales por parte de individuos pueden conducir a una solución poco satisfactoria, es decir subóptima, por tanto, colectivamente irracional* (Guerrien, 1998, citado por Trujillo, 2016)

Este dilema ha sido aplicado a muchos campos de la ciencia en donde se estudian las decisiones individuales y colectivas, entre ellos el manejo de los recursos naturales (Trujillo, 2016).

2.1.1.2. La tragedia de los bienes comunes de Garret Hardin

Garret Hardin, en 1968 publicó un artículo en la revista Science, que marcó fuertemente el pensamiento económico y de otras áreas de conocimiento, respecto a la forma en que los bienes comunes debían ser administrados, La tragedia de los comunes, tragedia vista no desde el sentido de infelicidad, sino como algo inevitable, se basa en la idea respecto de cómo la humanidad acapara los espacios explotando los recursos de una forma egoísta impulsado por un pensamiento racional, que se torna en un problema irracional al escalarse a situaciones mayores.

El planteamiento básico es que en el mundo los recursos son finitos, mientras que el crecimiento poblacional es exponencial, lo que en determinado momento nos conducirá invariablemente al agotamiento de los recursos naturales, se trata de uno de varios problemas humanos sin solución técnica, y no como supone la comunidad científica que implícitamente entiende que todos los problemas se resolverán aplicando la tecnología e innovación.

Hardin, ejemplifica mediante una metáfora la situación de los recursos de uso común: “Imagine un pastizal abierto para todos. Es de esperarse que cada pastor intentará mantener en los recursos comunes tantas cabezas de ganado como le sea posible. Este arreglo puede funcionar razonablemente bien por siglos gracias a que las guerras tribales, la caza furtiva y las enfermedades mantendrán los números tanto de hombres como de animales por debajo de la capacidad de carga de las tierras. Finalmente, sin embargo, llega el día de ajustar cuentas, es decir, el día en que se vuelve realidad la largamente soñada meta de estabilidad social. En este punto, la lógica inherente a los recursos comunes inmisericordemente genera una tragedia.

Como un ser racional, cada pastor busca maximizar su ganancia. Explícita o implícitamente, consciente o inconscientemente, se pregunta, ¿cuál es el beneficio para mí de aumentar un animal más a mi rebaño? Esta utilidad tiene un componente negativo y otro positivo.

1. El componente positivo es una función del incremento de un animal. Como el pastor recibe todos los beneficios de la venta, la utilidad positiva es cercana a +1.
2. El componente negativo es una función del sobrepastoreo adicional generado por un animal más. Sin embargo, puesto que los efectos del sobrepastoreo son compartidos por todos los pastores, la utilidad negativa de cualquier decisión particular tomada por un pastor es solamente una fracción de -1.

Al sumar todas las utilidades parciales, el pastor racional concluye que la única decisión sensata para él es añadir otro animal a su rebaño, y otro más... Pero esta es la conclusión a la que llegan cada uno y todos los pastores sensatos que comparten recursos comunes. Y ahí está la tragedia. La ruina es el destino hacia el cual corren todos los hombres, cada uno buscando su mejor provecho en un mundo que cree en la libertad de los recursos comunes. “La libertad de los recursos comunes resulta la ruina para todos”.

Además, aborda el tema de la contaminación, en el mismo sentido que lleva a un individuo a realizar una extracción de los recursos comunes, esa misma libertad, lo lleva ahora a adicionar desechos a los bienes comunes, contaminándolos, enuncia lo siguiente: ya que el hombre racional considera que el costo que debe pagar por los desperdicios que descarga en los bienes comunes es menor que el de purificar sus desperdicios antes de deshacerse de ellos. Puesto que esto es verdad para todo el mundo, estaremos atrapados en un sistema de “ensuciar el propio nido”, mientras nos comportemos sólo como empresarios libres, racionales e independientes (Hardin, 1968).

En cuanto a este último aspecto reconocido por Ostrom, relativo al deterioro de los bienes comunes, Rodríguez-Becerra, M. y Espinoza, G., (2002), por su parte señalan que la lucha contra la contaminación requiere participación colectiva de los distintos actores de la gestión ambiental, identificándose estos como aquellos grupos de la sociedad que reconocen la problemática del medio ambiente, y que formulan e implementan políticas dirigidas a su protección. Se consideran actores claves de la gestión ambiental a: las organizaciones gubernamentales, los grupos organizados de la sociedad civil, los medios de comunicación masiva, y las empresas del sector privado que se han organizado explícitamente en pro de la protección ambiental.

2.1.1.3. La teoría de la elección racional

De acuerdo al postulado de la *racionalidad individual* el comportamiento de cada ser humano está motivado por el deseo de maximizar su propio placer o beneficio, dados los recursos disponibles. Para lograr este objetivo, los individuos se relacionan unos con otros y efectúan intercambios, tanto para el consumo como para la producción (Guerrien 1998, citado por Trujillo, 2016)

Mancur Olson (1965), en su obra, *La lógica de la acción colectiva*, desarrolló un punto de vista afín sobre la dificultad de lograr que los individuos persigan su bienestar común, en contraste con el bienestar individual (Ostrom, 2000).

La paradoja que se manifiesta en la conducta de grupos, planteada por Olson, (1965) es la siguiente:

A menudo se da por sentado que grupos de individuos con intereses comunes usualmente tienden a buscar aquellos intereses comunes. Se espera que los grupos de individuos con intereses comunes actúen en favor de dichos intereses comunes así como se espera que cada individuo actúe en favor de sus propios intereses [...] Esta idea de que los grupos actúan para buscar sus propios intereses está presumiblemente basada en el supuesto de que los individuos del grupo actúan de manera altruista, sin tener en cuenta sus intereses individuales [...] Si examinamos con cuidado la lógica de la frecuente suposición, cabe apreciar que es básica e indiscutiblemente errónea [...] el altruismo es considerado excepcional y la supremacía de los intereses individuales son la regla, al menos cuando hay intereses económicos de por medio. (Olson 1965: 1-2)

Un elemento importante en la percepción de Olson respecto a la consecución de los objetivos de grupos, son lo que él llama *incentivos selectivos*, un incentivo selectivo es el que se aplica a determinados individuos según contribuyan o no a procurar el bien colectivo. Estos incentivos pueden ser negativos o positivos, por ejemplo, un incentivo negativo puede tratarse de un castigo impuesto únicamente a quienes no ayudan a proporcionar el bien colectivo, otro ejemplo de incentivo negativo son las sanciones fiscales por no pagar impuestos; o el pago de cuotas obligatorias por parte de los sindicatos, quienes crean mecanismos de coacción al igual que por ejemplo algunas aportaciones que efectúan los directivos de una empresa a determinados políticos útiles a la organización, esto también es consecuencia de una forma sutil de coacción. Los incentivos positivos también son frecuentes, ejemplo de ellos son las políticas de seguros de algunas organizaciones, tarifas aéreas para viajes en grupo, deducción de cuotas, publicidad, el conceder distinciones especiales a quienes sobresalgan por sus sacrificios en favor del grupo, etc.

Olson plantea ejemplos en los cuales, aunque el objetivo sea común, las acciones de un individuo difícilmente producirán resultados, y si los produce, su beneficio será compartido con otros (ya que el objetivo es común) y él obtendrá solo una minúscula ganancia. De otra parte, si otros miembros del grupo se benefician con la acción del individuo, no existen incentivos para que otros trabajen en pro del objetivo, ya que obtuvieron beneficios sin haber invertido ningún esfuerzo. Por ejemplo, existe un grupo al que le interesa un aumento de salario. Si un individuo actúa independientemente y justifica las razones de su petición, es posible que a él y a todos los que están en su condición les aumenten un poco el salario. Él se benefició un poco y los que no ayudaron a la causa también se beneficiaron. De esta manera, Olson identifica dos problemas. No existen incentivos para que las personas actúen individualmente en pro de un objetivo común, ni para que los que se han beneficiado sin esfuerzo se unan a la causa del objetivo común (Trujillo, 2016).

Enuncia que, si el individuo sabe que el costo de su aportación a la acción colectiva en interés de un grupo del cual el forma parte es prácticamente inapreciable, desde un punto de vista racional cabe que no se tome la molestia de considerar si lo que gana es aún más inapreciable. En otras palabras, a menos que el número de individuos sea muy pequeño, o a menos que exista coerción o algún otro dispositivo especial para hacer que los individuos actúen a favor de su interés común, *individuos racionales con intereses propios no actuarán para lograr sus intereses comunes o de grupo* (Olson, 1965).

En la visión de E. Ostrom, los individuos actúan de formas distintas en diferentes contextos. En condiciones de mercado, la conducta tiende a ser competitiva y oportunista, pero la autora y sus colegas encontraron repetidamente, en muy variados contextos, pruebas de la capacidad de los individuos para aprender normas de interacción, utilizar la heurística para evaluar los contextos y actualizar sus marcos de referencia. También constató el manejo de criterios morales por parte de muchos individuos que muestran aversión a la injusticia (Merino, 2014).

2.1.2. Las Instituciones en Ostrom

Una institución es una regularidad de comportamiento, o una regla que es generalmente aceptada por miembros de un grupo social, que concreta comportamientos en situaciones específicas, y que puede ser autoimpuesta o mantenida por una autoridad externa (Rutherford, 1994 citado por Caballero & Garza, 2011). Las instituciones son las reglas formales e informales que moldean el comportamiento de los individuos y de las organizaciones, así como los mecanismos de

cumplimiento de esas reglas (North, 1990 citado por Caballero & Garza, 2011). Las instituciones formales son explícitas (constituciones, leyes, contratos...) frente a las informales (códigos de conducta, valores sociales, cultura cívica, cuestiones éticas o religiosas...). El sistema de derechos de propiedad es parte de la matriz institucional formada por el conjunto de instituciones de una sociedad.

Elinor Ostrom define las instituciones como “patrones de conducta de interacción que se repiten, es decir que se instituyen” (E. Ostrom, 2000); de ahí que las instituciones son normas y reglas distintas a las asociaciones y organizaciones que se rigen por instituciones (Merino, 2016).

Ostrom, en su obra, *El Gobierno de los Comunes* (2000), plantea que la cuestión de cómo administrar mejor los recursos naturales no está más resuelta en la academia que en la política, algunos recomiendan que el “estado” los controle para evitar su destrucción, otros más recomiendan su privatización, sin embargo, ni el estado ni el mercado han logrado con éxito que los individuos mantengan un uso productivo, de largo plazo, de los sistemas de recursos naturales, distintas comunidades han confiado en instituciones que no se parecen ni al estado ni al mercado para regular algunos sistemas de recursos con grados razonables de éxito durante largos periodos, es decir, cuando los usuarios crean organizaciones consistentes con un conjunto de principios de diseño, es probable que puedan sostener sus propios arreglos institucionales durante un largo periodo de tiempo.

La tragedia de los comunes ha sido usada para representar una amplia gama de problemas sociales y económicos, y entre ellos está presente la gestión de los recursos naturales ejemplificada en casos como el pastoreo, la lluvia ácida o la gestión de las pesquerías (Ostrom, 2000). Por ello, la tragedia de los comunes constituye un adecuado punto de partida para incorporar el papel de las instituciones en la gestión de los recursos naturales desde un enfoque económico neoclásico. Un primer paso es considerar una institución fundamental: los derechos de propiedad (Caballero & Garza, 2011)

Los derechos de propiedad hacen referencia al conjunto de relaciones de comportamiento sancionado entre agentes económicos en el uso de recursos valorados. Incluyen desde la definición del acceso y uso de recursos naturales hasta la definición de la naturaleza del intercambio de mercado o las relaciones laborales dentro de las empresas. Los derechos de propiedad definen normas de comportamiento para la asignación y uso de recursos, por lo que afectan a la gestión de los recursos naturales (Libecap, 1999, citado por Caballero & Garza, 2011).

Como se menciona en párrafos anteriores, Ostrom distingue 5 tipos de derechos de propiedad: de acceso, extracción, manejo, exclusión y alienación; estos derechos pueden ser privados, públicos o incluso emerger de mecanismos de control de la comunidad, y menciona: Los actores que poseen derechos de propiedad específicos sobre un recurso se enfrentan con reglas fundamentales que afectan la estructura de las situaciones de acción en las que se encuentran.

El papel de las reglas en la interacción social surge del extenso esfuerzo de meta-análisis que E. Ostrom y el equipo del Workshop for Political Theory and Policy Analysis desarrollaron en la segunda mitad de la década de los años ochenta, dentro del Panel sobre Recursos Naturales de la National Science Foundation (E. Ostrom, 2009a; Poteete, Jansen y E. Ostrom, 2010). Este análisis evidenció que, en todos los casos de cooperación sostenida, los participantes seguían reglas de manejo de sus bienes comunes, conocidas y acordadas por ellos. Las reglas y las normas son

prescripciones que prohíben, permiten, obligan, determinan, definen y limitan, pero mientras las normas se basan en valores compartidos y no consideran sanciones explícitas, el incumplimiento de las reglas está asociado con la imposición de sanciones asumidas por el grupo.

En ejercicios de meta-análisis encabezados por Ostrom, encontraron una gran variedad de reglas utilizadas en diferentes situaciones (por ejemplo, sobre quiénes pueden cosechar cuántas unidades de un recurso, en qué sitio y momento, qué información resulta necesaria para todos los usuarios, qué costos y beneficios se asocian con qué tipo de acciones).(Ostrom, 2014). Dado que habían identificado siete partes de una situación de acción, conceptualizaron 7 tipos de reglas:

1. Reglas de Límites, que especifican cómo se seleccionan los actores para entrar o dejar las posiciones;
2. Reglas de Posición, que especifican el conjunto de posiciones y las formas en que los actores sostienen cada una de ellas;
3. Reglas de Elección, que especifican qué acciones se asignan a un actor en una posición determinada;
4. Reglas de Información, que especifican los canales de comunicación entre los actores y si la información debe, puede o no debe compartirse;
5. Reglas de Ámbito, que especifican los resultados que pueden ser afectados;
6. Reglas de Conjunto (como las reglas de mayoría o unanimidad), que especifican cómo las decisiones de los actores en un nodo pueden ligarse con los resultados intermedios o finales;
- y
7. Reglas de Compensación, que especifican cómo deben distribuirse los costos y los beneficios entre los actores que ocupan diversas posiciones (Crawford y Ostrom, 2005, citado por Ostrom, 2014).

Ostrom, (2014) resalta el hecho de haber encontrado múltiples variantes a cada tipo de reglas, por lo que, en este punto, no existe un modelo simple de interacción entre los seres humanos.

Inicialmente, Ostrom intentó identificar las reglas idóneas, asociadas con los casos exitosos, a partir del análisis de la base de datos de los RUC. Este propósito resultó rápidamente inviable, al encontrarse que reglas semejantes pueden tener impactos muy diversos en diferentes contextos. Sin embargo, el meta-análisis reveló otro tipo de regularidades; la pregunta inicial se reformuló, orientándose al cuestionamiento de las condiciones que favorecen o limitan la “solidez” de las reglas. E. Ostrom denominó a estas condiciones comunes “principios de solidez institucional” (Ostrom, 2014).

2.1.2.1. Los ocho principios

E. Ostrom en *El gobierno de los comunes* (2000), realiza un minucioso estudio de distintas prácticas de manejo de recursos comunes, con el fin de identificar ciertos *principios de diseño* que han permitido a muchas comunidades alcanzar un alto nivel de autonomía para gestionar eficientemente recursos comunes, a través del tiempo. Estos principios son resumidos por la autora de la siguiente manera:

1.- **Límites claramente definidos**. - Los individuos o familias con derechos para extraer unidades de recurso del RUC deben estar claramente definidos, al igual que los límites del recurso.

Mientras los límites del recurso o la especificación de los individuos que pueden usarlo sea inciertos, nadie sabe que se está administrando o para quién. Sin la definición de los límites del RUC y de su cierre a los de fuera, los apropiadores corren el riesgo de que todos los beneficios que produzcan con sus esfuerzos serán cosechados por otros que no han contribuido, como mínimo quienes invierten en el RUC, podrían no recibir la ganancia esperada o en el peor de los casos las acciones de los otros podrían destruir el recurso; entonces para que cualquier apropiador tenga un mínimo interés en coordinar los patrones de apropiación y provisión, deben ser capaces de excluir a otros del acceso y los derechos de apropiación (Ostrom, 2000).

Ostrom, con su equipo, realizó una reevaluación crítica de los principios, comentando para este principio que la mera delimitación político –administrativa puede no ser adecuada o suficiente. Se propone que este principio se entienda como equivalente a condiciones en las que “el recurso y los apropiadores están claramente definidos, de forma coherente con las condiciones ecológicas y sociales, y son capaces de defender el recurso de apropiadores externos” (T. Hayes y E. Ostrom, 2005, citado por Merino, 2014).

2.- Coherencia entre las reglas de operación y provisión con las condiciones locales. - Las reglas de apropiación que restringen el tiempo, el lugar, la tecnología y la cantidad de unidades de recurso se relacionan con las condiciones locales y con las reglas de provisión que exigen trabajo, material y dinero o ambos.

En cuanto a este principio, de la revisión posterior, Ostrom aceptó que este principio debía desglosarse atendiendo a la congruencia de las reglas con la ecología local, con la sociedad y la cultura locales, y considerar el balance entre los costos que asumen los usuarios en el manejo y la protección del RUC y los beneficios que obtienen (Merino, 2014)

3.-Arreglos de elección colectiva. - La mayoría de los individuos afectados por las reglas operativas pueden participar en su modificación.

Las instituciones de RUC que utilizan este principio son más aptas para adecuar sus reglas a las circunstancias locales, porque los individuos que interactúan de manera directa entre sí y con el mundo físico pueden modificar las reglas a lo largo del tiempo para adaptarlas mejor a las características específicas de sus escenarios (Ostrom, 2000).

La presencia de buenas reglas no asegura que los apropiadores las seguirán, acordar seguir las reglas *ex ante*, es un compromiso fácil de hacer, el logro significativo es de hecho seguirlas *ex post*, cuando surgen fuertes tentaciones. Quienes proponen que autoridades externas hagan cumplir los acuerdos con frecuencia pasan por alto el problema de obtener la conformidad con las reglas sin importar su origen (Ostrom, 2000).

La revisión de este principio ha llevado a proponer que la participación local a menudo no basta: el riesgo de abuso y captura de los bienes comunes por las élites locales amenaza la solidez institucional y debe enfrentarse (Merino, 2014).

4.-Supervisión. - Los supervisores que vigilan de manera activa las condiciones del RUC y el comportamiento de los apropiadores, son responsables ante ellos o bien son apropiadores.

Los costos de supervisión son bajos en muchos RUC de larga duración, como resultado de las reglas de uso; por ejemplo, los sistemas de irrigación rotativos, por lo general, colocan cara a cara a los dos actores más interesados en hacer trampa; el regador que se acerca al final de un turno de rotación quisiera extender el tiempo de su turno, y así aumentar la cantidad de agua obtenida. El siguiente regador en el sistema de rotación espera a que el otro termine, y hasta quisiera empezar antes. La presencia del primer regador disuade al segundo de un inicio anticipado mientras que la presencia del segundo disuade al primero de un final retrasado. Ninguno de los dos tiene que invertir recursos adicionales en las actividades de supervisión. En este ejemplo, la supervisión es un subproducto de la fuerza de su propia motivación para usar sus turnos de rotación de agua en toda su extensión (Ostrom, 2000).

En el monitoreo interno del manejo del recurso de uso común, a menudo las formas colectivas supervisan más el comportamiento de los apropiadores que el recurso aprovechable en sí mismo. Existe un contrapeso con relación a la autoridad en turno. En muchos sistemas indígenas y ejidales en México, en los procesos de elección comunitaria, el conjunto de representantes perdedores en una elección —segundo en el resultado final— se convierte en el comité de vigilancia de las autoridades elegidas legítimamente. Si bien este contrapeso lleva en muchos casos a la inmovilidad, también es cierto que en las comunidades rurales es un mecanismo de autocontrol severo. En general, la supervisión externa no es bien vista y solo se recurre a ella en términos formales, cuando un agente externo o un individuo ajeno a la colectividad pretenden apropiarse de los recursos naturales que, a juicio de una comunidad, son propios. (Chapela, 2002, citado por Álvarez, 2017)).

Se reconoce la importancia de monitorear tanto las condiciones del sistema de recursos como la conducta de los apropiadores, así como el carácter insustituible del monitoreo local, que no debiera ser socavado por presiones o autoridades externas contra la participación y la gobernanza locales (Merino, 2014).

5.-Sanciones graduadas. - Los apropiadores que violan las reglas operativas reciben sanciones graduadas (dependiendo de la gravedad y del contexto de la infracción) por parte de otros apropiadores, funcionarios correspondientes, o de ambos.

En las instituciones sólidas, tanto la supervisión como la penalización no están en manos de autoridades externas, sino que en las de los participantes mismos. Las sanciones iniciales que se usan en estos sistemas son también sorprendentemente bajas. Aun cuando se suponga que los participantes no gastarán tiempo y esfuerzo en supervisar y sancionar el comportamiento de otros, así lo hacen. En teoría de Levi, (1988, citado por Ostrom, 2000), hacer cumplir las reglas aumenta la confianza de los individuos en que no están siendo timados; mientras confíen en que otros están cooperando y que el gobernante provee beneficios conjuntos, cumplen voluntariamente con las leyes de pago de impuestos.

Para explicar el compromiso en estos casos no es posible postular encargados externos de hacer cumplir las normas. Los apropiadores de RUC crean su propio control interno de la observancia de las normas para 1) disuadir a los que están tentados a romper las reglas y, por lo tanto, 2) asegurar a los cumplidores cuasi voluntarios de que los otros también cumplen (Ostrom, 2000).

Los niveles aceptables de cumplimiento cuasi voluntario diferirán de un escenario a otro y dependerá de las circunstancias económicas o de otras dentro del RUC; la tolerancia con las reglas

puede ser muy alta durante una depresión económica, siempre y cuando el nivel más alto aparezca como temporal y no amenace la supervivencia del RUC (Ostrom, 2000).

Las sanciones graduadas, desde multas insignificantes hasta el destierro, impuestas en escenarios en los que los sancionadores conocen muy bien las circunstancias de los otros apropiadores y el daño potencial que causarían las sanciones excesivas, pueden ser mucho más eficaces que una multa mayor impuesta a un infractor de primera vez (Ostrom, 2000).

Derivado de la revisión posterior realizada por Ostrom y su equipo, se asume la necesidad de graduación de las sanciones y la eficiencia de la sanción social de “avergonzar” a los infractores dentro de una comunidad, al exponerlos públicamente (Merino, 2014)

6.-Mecanismos para la resolución de conflictos. - Los apropiadores y sus autoridades tienen un acceso rápido a instancias locales para resolver conflictos entre los apropiadores, o entre éstos y los funcionarios a bajo costo.

Menciona Ostrom (2000), que para los individuos que buscan eludir o subvertir las reglas siempre hay muchas maneras de interpretar una regla para argumentar que cumplieron con ella [...], hasta los individuos que tienen la intención de seguir el espíritu de la regla pueden cometer errores [...], si los individuos han de obedecer las reglas durante un largo periodo debe existir algún mecanismo para discutir y resolver aquello que constituye una infracción. [...] si los individuos que cometen errores o enfrentan problemas personales que eventualmente les impiden obedecer una regla no tienen acceso a mecanismos que les permita reponerse de su falta de desempeño de manera aceptable, las reglas podrían llegar a verse como injustas y los niveles de cumplimiento descenderían.

Aún con la presencia de estos mecanismos de resolución de conflictos, no se puede garantizar que se mantengan instituciones duraderas, es difícil sostener cualquier sistema complejo de reglas sin estos mecanismos, y en ciertos casos como con recursos muy escasos pueden intervenir mecanismos judiciales.

La revisión de investigaciones confirmó que la resolución local de conflictos es cada vez más compleja en la medida que las percepciones entre los usuarios tienden a ser más diversas que en el pasado. En adición, la presencia de actores externos en conflictos en torno al uso de los recursos comunes locales resulta muchas veces en la mediación de agentes gubernamentales, desconocedores de los contextos locales y potencialmente influidos por actores externos (Merino, 2014).

7.-Reconocimiento mínimo de derechos de organización. - Los derechos de los apropiadores a construir sus propias instituciones no son cuestionados por autoridades gubernamentales externas.

Ostrom (2000), observa que con frecuencia los apropiadores generan sus propias reglas sin crear jurisdicciones gubernamentales formales para ese fin, ejemplificándolo con un ejemplo de un sistema de pesquería en las que ocurre que los pescadores locales elaboran reglas extensas que definen quién puede usar un área de pesca y que tipo de equipo puede usarse, siempre y cuando los funcionarios gubernamentales externos reconozcan mínimamente la legitimidad de tales reglas, los propios pueden encargarse de su cumplimiento, sin en cambio, si tales funcionarios suponen que solo ellos poseen la autoridad para fijar las reglas, será muy difícil para los apropiadores

locales sustentar a la larga un RUC, podría ocurrir que en una situación en que se desea eludir el cumplimiento de las reglas de los pescadores, puede acudirse al gobierno externo para tratar de anular las reglas locales.

Existen experiencias nacionales e internacionales de fracasos comunitarios en donde la intervención de burocracias estatales ha desestructurado los mecanismos de acción colectiva, dando lugar a que instituciones de RUC, en ocasiones con una ya larga trayectoria, hayan desaparecido o se hayan desgastado a partir de la imposición de mecanismos de manejo de recursos, ajenos a su cultura (Dietz *et al.*, 2003, citado por Álvarez, 2017).

Para RUC que forman parte de sistemas más amplios:

8.- **Entidades anidadas.** - Las actividades de apropiación, provisión, supervisión, aplicación de las normas, resolución de conflictos y gestión se organizan en múltiples niveles de entidades incrustadas. Los RUC más complejos y duraderos satisfacen este último principio; el establecimiento de reglas en un nivel, sin reglas en los otros niveles, producirá un sistema incompleto que no perdurará.

Este principio generalmente se asocia con condiciones de descentralización y policentricidad. De modo que cualquier tarea particular debe ser descentralizada al nivel de gobernanza más local con capacidad de asumirla de manera satisfactoria, sin entrar en contradicción con las reglas y/o acciones que se dan en escalas mayores (Cox, Arnold y Villamayor, 2010, citado por Merino, 2014).

De acuerdo con E. Ostrom, estos principios ofrecen las condiciones necesarias, pero no suficientes para resolver los problemas de la acción colectiva sobre los RUC. Estos problemas son básicamente: (1) proveer suficiente información sobre los RUC y sobre los usuarios; (2) enfrentar y manejar los conflictos; (3) inducir conformidad con las reglas; (4) proveer infraestructura física, técnica e institucional; y (5) alentar comportamientos de adaptación y cambio.

Ostrom deja a la reflexión del lector las posibles amenazas que enfrentaría un gobierno robusto de los RUC, entre ellos los cambios exógenos rápidos y los fallos en transmitir a través de las generaciones los principios del gobierno comunitario, es decir, los errores en la institucionalización de dichos principios.

2.1.2.2. Las interacciones de los ocho principios

Los primeros cinco principios se refieren fundamentalmente a las condiciones locales y los tres últimos a las relaciones de contexto. En torno a la coherencia que los primeros cinco principios mantienen entre sí, Ostrom explicó (Merino, 2014):

Cuando los usuarios de un recurso diseñan sus propias reglas (principio 3), y ellas son monitoreadas por los propios usuarios o por personas que les rinden cuentas (principio 4), utilizan sanciones graduadas (principio 5), definen claramente quiénes tienen derechos de cosecha de recursos bien delimitados (principio 1) y asignan de manera eficiente costos proporcionales a los beneficios (principio 2); los problemas de acción compromiso y supervisión se resuelven de manera interrelacionada (Ostrom, 2000).

Los principios 7 y 8 también mantienen relaciones estrechas y resultan clave para la solidez y la resiliencia de las instituciones. Las regulaciones y las medidas implementadas desde el desconocimiento de las instituciones locales redundan con frecuencia en la erosión de la gobernanza local, favoreciendo el libre acceso y el deterioro de los bienes. No existe una fórmula simple de aplicar el principio de anidamiento, generalmente se asocia con condiciones de descentralización y policentricidad; de modo que cualquier tarea particular debe ser descentralizada al nivel de gobernanza más local con capacidad de asumirla de manera satisfactoria, sin entrar en contradicción con las reglas y/o acciones que se dan en escalas mayores (Cox, Arnold y Villamayor, 2010, citado por Merino, 2014).

2.1.3. Los jagüeyes como RUC y como estudio de caso

Los jagüeyes en Atlixco, forman parte de los sistemas de irrigación, mismos que se consideran recursos de uso común, aunque son controlados por un grupo, califica como recurso de uso común, porque la exclusión de usuarios resulta difícil y costosa, es decir se cumple la condición básica de alta sustractabilidad y alta dificultad de excluir a usuarios, a menos que el sistema este permanentemente vigilado, cuestión que resultaría bastante costosa ya que habría que considerar desde la obra de derivación, la conducción mediante canales a cielo abierto, acequias para la distribución hacia las parcelas y por supuesto la estructura de almacenamiento, que además de ser el *acervo*, de las unidades del recurso renovable, también pueden ser objeto de interés para otros fines (por ejemplo aquellos jagüeyes que son invadidos por los vecinos cercanos, los que son usados como basureros, o bien quienes por tenerlo a la vista pueden aprovechar mediante ofrecerlo como atractivo turístico, aquellos que una vez vacíos y secos sirven de refugio de personas de la calle, o bien de oportunistas...etc.); además de esto también existe competencia por las unidades de recurso disponibles que se almacenan en estas estructuras, ya que el uso de una cantidad determinada efectuada por una persona, reduce la cantidad total del recurso disponible para los otros.

Los usuarios de jagüeyes tienen régimen de derechos de apropiación; en primer lugar el acceso (es decir, el derecho de entrar en un determinado espacio físico), este derecho se cumple parcialmente, ya que son espacios abiertos a cuyas áreas puede acceder cualquier persona, pero en cambio, cuentan con alguna restricción en los dispositivos de salida del agua hacia los canales, algunos cuentan con válvulas con candado; el resto de derechos también se cumplen ya sea parcial o por completo, extracción es decir, el derecho de extraer los usos de productos de un recurso), manejo (es decir, el derecho a regular normas internas de uso y transformar el recurso haciendo mejoras), exclusión (es decir, el derecho a determinar quién tendrá derecho al acceso y cómo ese derecho puede ser transformado) y alienación (es decir, el derecho a vender o alquilar cada uno los dos anteriores derechos).

Como antecedente respecto a considerar los jagüeyes como estudio de caso, Galindo, E., Palerm, J., Tovar, J.L. y Rodarte, R. (2008), demuestran en 9 casos estudiados que existe organización social para la gestión de los jagüeyes como recurso común del norte de los llanos de Apan, Hidalgo, México., donde los usuarios ejecutan las tareas siempre presentes: construcción del sistema; reparto o distribución del agua; mantenimiento, ampliación y rehabilitación; drenado de agua sobrante; y resolución de conflictos.

Así también en los jagüeyes se puede identificar la aplicación de los principios de los RUC, como para el caso del principio relativo a los arreglos de elección colectiva, existen también casos estudiados en los que no se logra la apropiación de las tecnologías por parte de los usuarios; por tratarse de soluciones impuestas por autoridades externas, es decir quienes proponen que autoridades externas hagan cumplir los acuerdos con frecuencia pasan por alto el problema de obtener la conformidad con las reglas sin importar su origen (Ostrom, 2000); para este caso Estrada, A. (2012), documenta dos casos fallidos en los Altos de Morelos, tratándose de dos comunidades en las que se introdujeron tecnologías, por parte de actores externos, que presumiblemente resolverían problemáticas de acceso, disponibilidad y calidad del agua, resultando en inversiones infructuosas, una de ellas era precisamente la rehabilitación de un jagüey para almacenamiento de agua al que se intervino con maquinaria pesada para colocar posteriormente una geo membrana, sin embargo, se alteraron las condiciones del suelo, provocando que no retuviera agua; el otro caso se trató de una potabilizadora de agua rodada, que duró en funcionamiento alrededor de dos años y dejó de operarse por diferencias entre la comunidad con la persona que fue capacitada, quien no quiso transmitir el conocimiento.

Esta situación de falta de apropiación puede deberse a la falta de acción colectiva, enunciada en el principio 3 de las instituciones de RUC, sostenibles a largo plazo.

2.1.4. Las dificultades de la cooperación

Casi siempre el rompimiento de las reglas o el aprovechamiento individual de recursos favorece, en el corto plazo, a los apropiadores individuales, y en situaciones de crisis problemas de mercado, imposiciones de políticas públicas ajenas a la comunidad, desastres naturales— se vulnera enormemente a los individuos que han sido sustraídos de las decisiones colectivas. Por ello, dado que las instituciones de acción colectiva se basan en relaciones de conveniencia mutua, el valor de la cooperación, la retribución solidaria y el reconocimiento son valores intangibles de gran peso (Bowles 1999; Ostrom, 2000; Pretty 2003, 2004, citado por Álvarez, 2017).

Para que se dé la cooperación, existe como elemento clave el capital social, este se mantiene solamente sobre las relaciones de confianza que se dan de manera obligada en la medida en que la supervivencia del grupo y la posibilidad de aprovechar los RUC dependen de ello. Las reglas y normas, en general, se transmiten oralmente y pocas veces están claramente escritas; sin embargo, los miembros de una colectividad rural, indígena o no, las conocen, las aceptan y las cumplen; y cuando no las cumplen, saben que se someterán al escrutinio de la colectividad (Alavi 1976, Martínez 1987, Portes 1998, Putnam 2000, Ostrom 2003, Rothstein 2005, Anthony y Campbell 2011, citado por Álvarez, 2017).

Difícilmente puede hablarse de comunidad y de cooperación cuando las distancias entre élites y población son abismales, cuando existe un control casi total de los Estados y mercados por parte de los grupos de poder político y económico, que mantienen a toda costa el *statu quo*.

Las apuestas en favor de la acción de los mercados y la privatización como rectores de la vida social pasan por alto los costos sociales y la inequidad asociada con la privatización de los recursos comunes y de los bienes públicos. Ostrom no sólo alerta contra las panaceas, sino que demanda que el reconocimiento de la complejidad de los sistemas socioambientales y los retos que implican

su gestión y su uso sostenido se reflejen en esquemas de gobernanza e instituciones capaces de responder a dicha complejidad (Merino, 2014).

Por su complejidad, las actividades de los RUC abarcan una amplia variedad, que incluye la producción de cultivos especializados, la importación de insumos para la producción, el consumo de agua y nutrientes del suelo, el trabajo comunitario de los campesinos, las migraciones, la política crediticia, el mercado y muchos otros elementos. Todas estas actividades son el resultado de procesos interrelacionados. En este sentido, el hecho de que exista una ensambladura de relaciones entre procesos constituye en sí mismo un complejo de relaciones y es posible entonces referirse a ello como una totalidad organizada (Álvarez, 2017).

De acuerdo con Álvarez (2017), uno de los aspectos a considerar es la escala, es decir, cuando las políticas se definen en función de unidades pequeñas, los procesos de monitoreo y aprendizaje aparecen más nítidamente. Por el contrario, cuando las propuestas se generalizan en políticas públicas de alcance regional o nacional, los esfuerzos caen en tierra infértil, o bien, inciden negativamente en la estructura y dinámica de las propias instituciones comunitarias.

2.2. Aspectos de hidrología aplicados

Los volúmenes de agua, apropiados por parte de los usuarios, teóricamente se basan en los volúmenes señalados por los reglamentos de distribución de aguas de los manantiales, estas distribuciones ya tienen más de 60 años de antigüedad, por lo que, resulta de interés medir los caudales actuales.

2.2.1. Reglamentación de las aguas de Atlixco.

De acuerdo al resultado de la búsqueda en internet, se encuentran publicadas en el Diario Oficial de la Federación, dos reglamentaciones de interés para el desarrollo del tema en su aspecto hidrológico, tratándose de los siguientes:

Reglamento para la distribución de las aguas de la Barranca del Carmen y manantiales El Ahuehuete, Municipio de Atlixco, Pue. (25 de julio de 1962). En el que establecen el caudal en litros por segundo que le corresponden al ejido de San Agustín Ixtahuixtla, que emplea al jagüey Ixtahuixtla como su almacenamiento de agua de riego, correspondiéndole 29.1 L/s que equivalen al 39.2% del canal compartido con el ejido de San Félix Hidalgo, a quienes les corresponden 45.1 L/s, es decir el 60.8% del agua del canal.

Reglamento para la distribución de las aguas del río Cantarranas, Puebla, (11 de octubre de 1955), en este reglamento se establece un derecho de aguas a la Sociedad de pequeños agricultores de La Sabana por 244 días al año, con un total de 1, 938, 861 m³, mismos que equivalen a 92 L/s durante esos 244 días; mientras que para la derivación hacia el jagüey Guadalupe Victoria, le corresponden 2, 131, 350 m³ anuales, durante 244 días que equivalen a 101.1 L/s. Para San Diego Acapulco, considera para riego, un volumen anual de 1,289,700 m³, durante 244 días, que equivalen a 61 L/s y para el caso del jagüey de Cabrera, empleado por fraccionistas de la Hacienda Cabrera y Solares chicos, sumados establece un volumen anual de 1,612,820 m³, durante 244 días, que equivalen a 76.5 L/s.

2.2.2. Aforo con flotador.

Los flotadores son cuerpos u objetos más ligeros que el agua y que conducidos en suspensión por la corriente, adquieren una velocidad similar a la superficial. Pueden ser: un trozo de madera, una pelota de esponja, etc; estos cuerpos no deben ser muy ligeros, pues la velocidad del viento afecta su recorrido, esto ocurre principalmente en los flotadores superficiales, por lo que es preferible el uso de los flotadores semisumergidos, que son los que van ligeramente abajo de la superficie del agua. En este método se utiliza un flotador, reloj (cronómetro), cinta métrica y regla graduada para medir las distancias y áreas hidráulicas.

Para estimar la velocidad, se elige un tramo del cauce, para el recorrido de los flotadores, instalando postes, balizas o escalas para limitar el tramo, referidas a un mismo punto de comparación, con el fin de que si se desea conocer la pendiente se haga con facilidad. Las marcas sirven para definir las secciones de inicio y final del tramo, cuya longitud conviene que sea un número cerrado: 5, 10, 15, 20, 30 metros, para facilidad de cálculo. Instaladas las marcas, se arroja el flotador, al menos tres metros, aguas arriba de la marca inicial, para que adquiera la velocidad de la corriente antes de llegar a ésta; en el momento de pasar por la marca inicial se comienza a contar el tiempo que tarda en llegar a la marca colocada al final del tramo. La velocidad se estima dividiendo la distancia del tramo entre el tiempo que tarda el flotador en recorrerla. Este valor tiene que corregirse por un factor de reducción, ya que en observaciones realizadas se indica que la velocidad media fluctúa desde 85% hasta 95% de la velocidad superficial, aceptándose el promedio 90%. El área de la sección transversal de la corriente, se determina por sondeos.

Finalmente, el gasto se obtiene mediante: $Q = 0.9 * A * V$

en la que:

Q =Gasto (m^3/s)

A =Área de sección transversal (m^2)

V =Velocidad en el tramo (m/s)

0.9=Factor de reducción

Una ventaja de este método es la forma práctica y sencilla de su aplicación, además de que no requiere construcción de estructuras especiales, su costo es bajo y la aproximación de las mediciones es buena. En corrientes turbulentas no se obtienen buenos resultados debido a los cambios bruscos que ocurren en este tipo de escurrimiento.

2.3. Conceptos de calidad del agua

Aun cuando la calidad del agua, aparentemente no figura entre la problemática en el manejo de agua de los jagüeyes, es un aspecto clave a considerar puesto que determina en gran medida la percepción de los productos obtenidos, por esa razón se optó por incluirla, determinando un solo parámetro que nos dá una idea general de la contaminación presente en el cuerpo de agua analizado, por ello, se empleó la DQO como medida general, presentándose la tabla de clasificación de la calidad del agua con base en el valor obtenido del análisis.

De acuerdo a la Secretaria del Medio Ambiente, para evaluar la calidad del agua se ha decidido utilizar tres parámetros indicadores de la misma, que muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación por la presencia de centros urbanos e industriales que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferenciable. Anteriormente se empleaban

18 parámetros para determinar el índice de calidad del agua de un determinado cuerpo, sin embargo, dada la gran variedad de tipo de contaminantes, estos 18 parámetros resultarían en una medición parcial, por lo que, actualmente el índice de calidad del agua se basa en tres parámetros, que evidencian de forma general la carga contaminante, y son los siguientes: demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST).

La DBO₅ y la DQO se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua proveniente principalmente de las descargas de aguas residuales, de origen municipal y no municipal.

Mientras que la DBO₅ determina la cantidad de materia orgánica biodegradable, la DQO mide la cantidad total de materia orgánica. El aumento de la DQO indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales. El incremento de la concentración de estos parámetros incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos.

La escala de clasificación de la calidad del agua, de acuerdo a la SEMARNAT (2019), con base en la DQO, es la siguiente:

Tabla 3. Escala de clasificación de la calidad del agua, con base en la DQO.

| Criterio (mg/L) | Clasificación | Color |
|-----------------|---|-----------------|
| DQO ≤ 10 | EXCELENTE No contaminada | AZUL |
| 10 < DQO ≤ 20 | BUENA CALIDAD Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable | VERDE |
| 20 < DQO ≤ 40 | ACEPTABLE Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente | AMARILLO |
| 40 < DQO ≤ 200 | CONTAMINADA Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal | NARANJA |
| DQO > 200 | FUERTEMENTE CONTAMINADA Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales | ROJO |

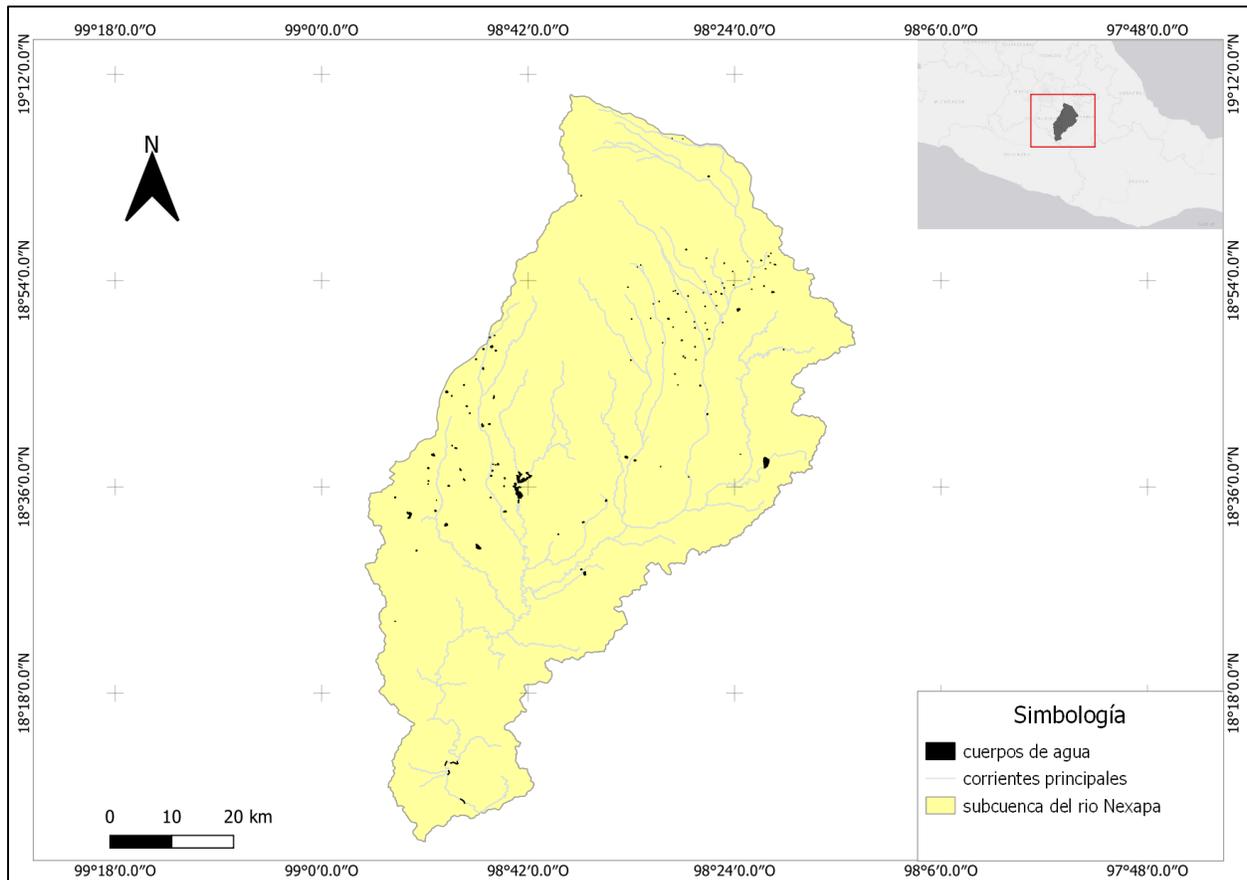
CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS JAGÜEYES

3.1 Definición de jagüey

Los jagüeyes, también conocidos como balsas, embalses, estanques, cajas de agua, aljibes, trampas de agua o bordos de agua, es el termino genérico que se emplea para designar a depresiones del terreno o pequeñas y medianas presas artificiales, que permiten almacenar el agua proveniente de los escurrimientos superficiales y destinarla a fines pecuarios, o a suplir las necesidades humanas (COLPOS, 2017).

3.2. Ubicación de los jagüeyes

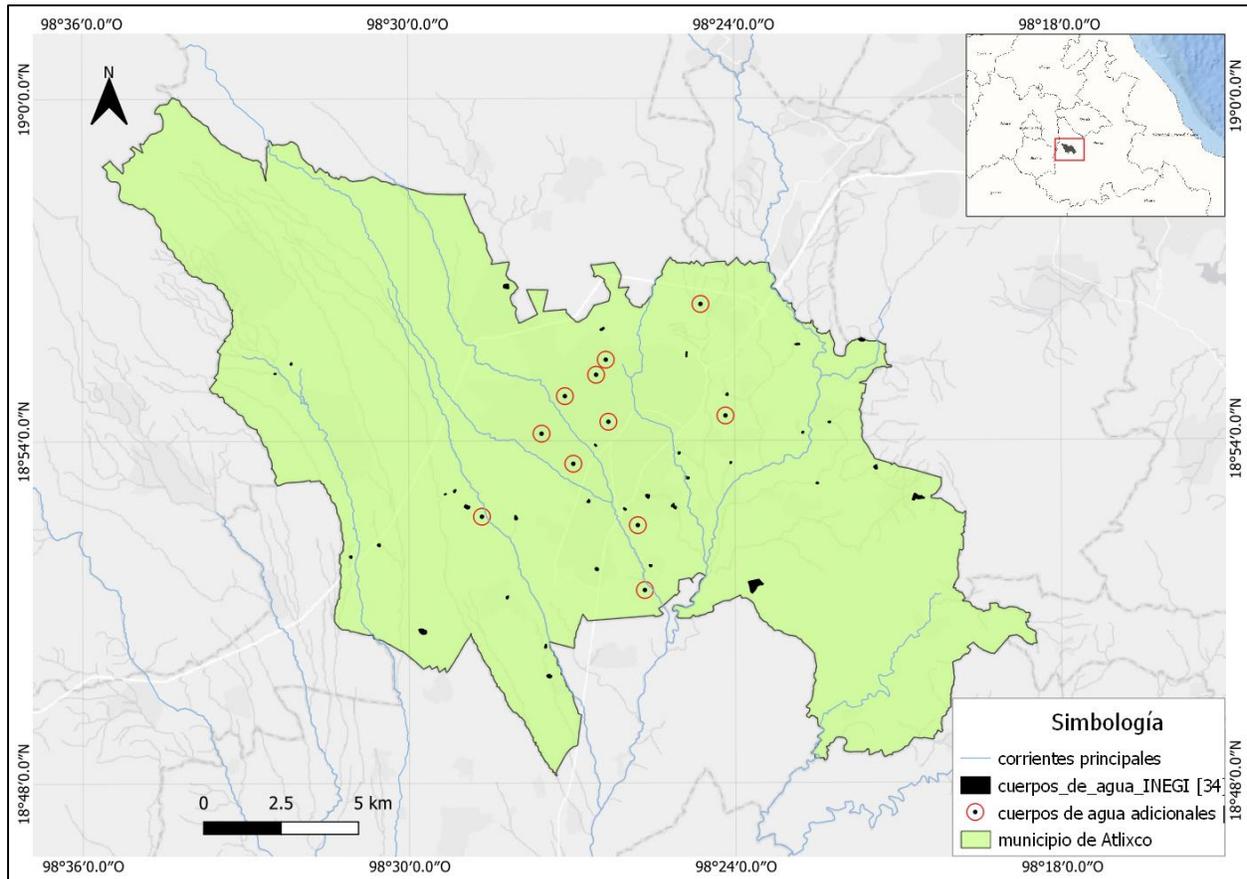
De acuerdo a la información hidrológica del INEGI, en la subcuenca del Río Nexapa, se tienen registrados 123 cuerpos de agua, de los cuales 85 están catalogados como de tipo intermitentes y 38 como cuerpo de agua perenne.



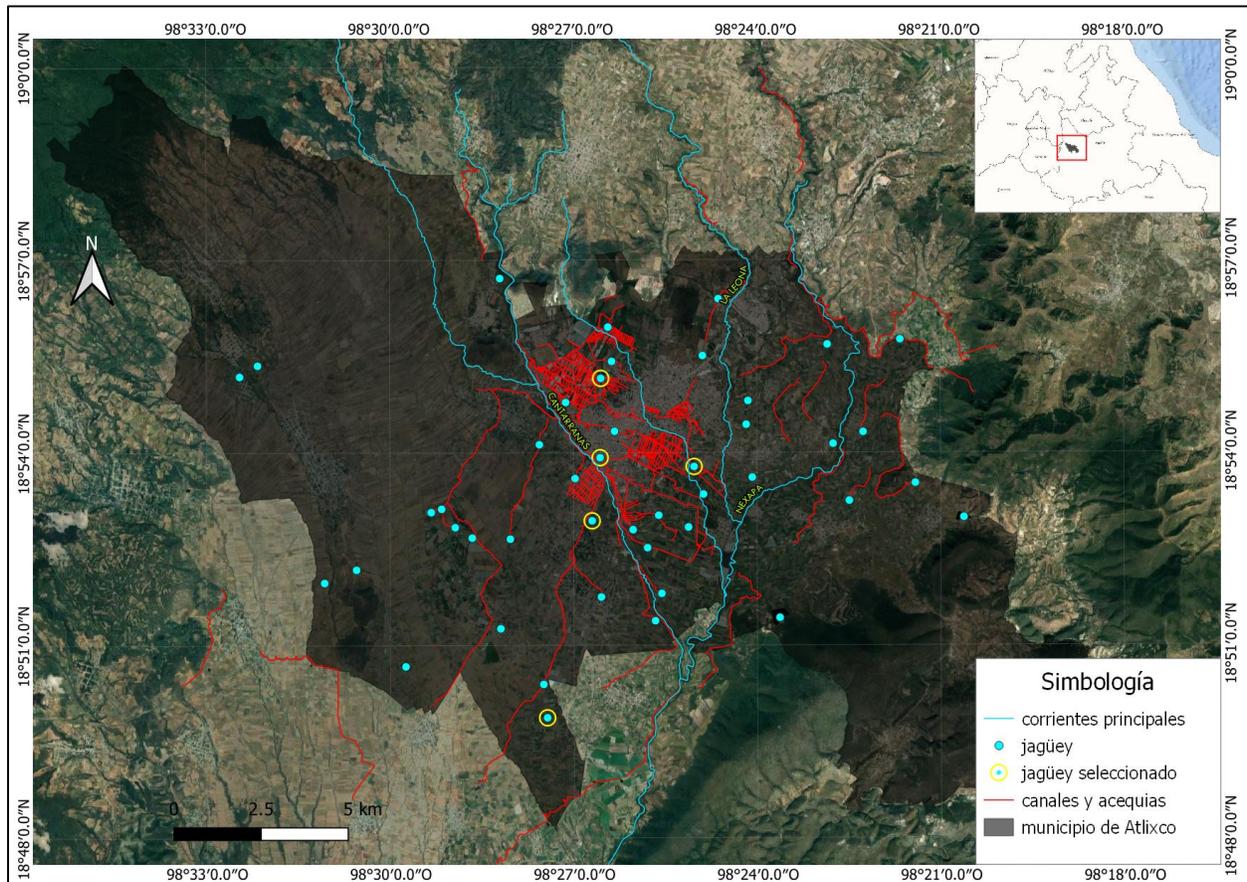
Del total de cuerpos de agua registrados por el INEGI, 34 se encuentran dentro de los límites del municipio de Atlixco, que corresponden al 27.6% del total, de los cuales 2 son de tipo perenne y 32 de tipo intermitente. La subcuenca del río Nexapa tiene una superficie de 4,440.54 Km², mientras que el municipio cuenta con 292.99 Km², que representan el 6.59% de la superficie total

de la subcuenca, es decir, que en el 6.59% de superficie, se concentran el total de 27.6% de los cuerpos de agua registrados.

La ubicación de los cuerpos de agua de tipo intermitente del INEGI, coincide con la ubicación de los jagüeyes, por lo que se consideran equivalentes; no obstante, de recorridos previos e información obtenida del Sistema Operador de Atlixco, se tienen identificados otros 11 jagüeyes ubicados dentro y en las inmediaciones de la zona urbana, ver mapa 5.



En el periodo comprendido de enero a mayo de 2021, se realizaron varios recorridos de reconocimiento de la zona de estudio para la ubicación de los jagüeyes ubicados dentro de la zona urbana de la localidad de Atlixco, identificándose también el área de captación y los canales de conducción complementando la información proporcionada por el Sistema Operador, ver mapa 6.

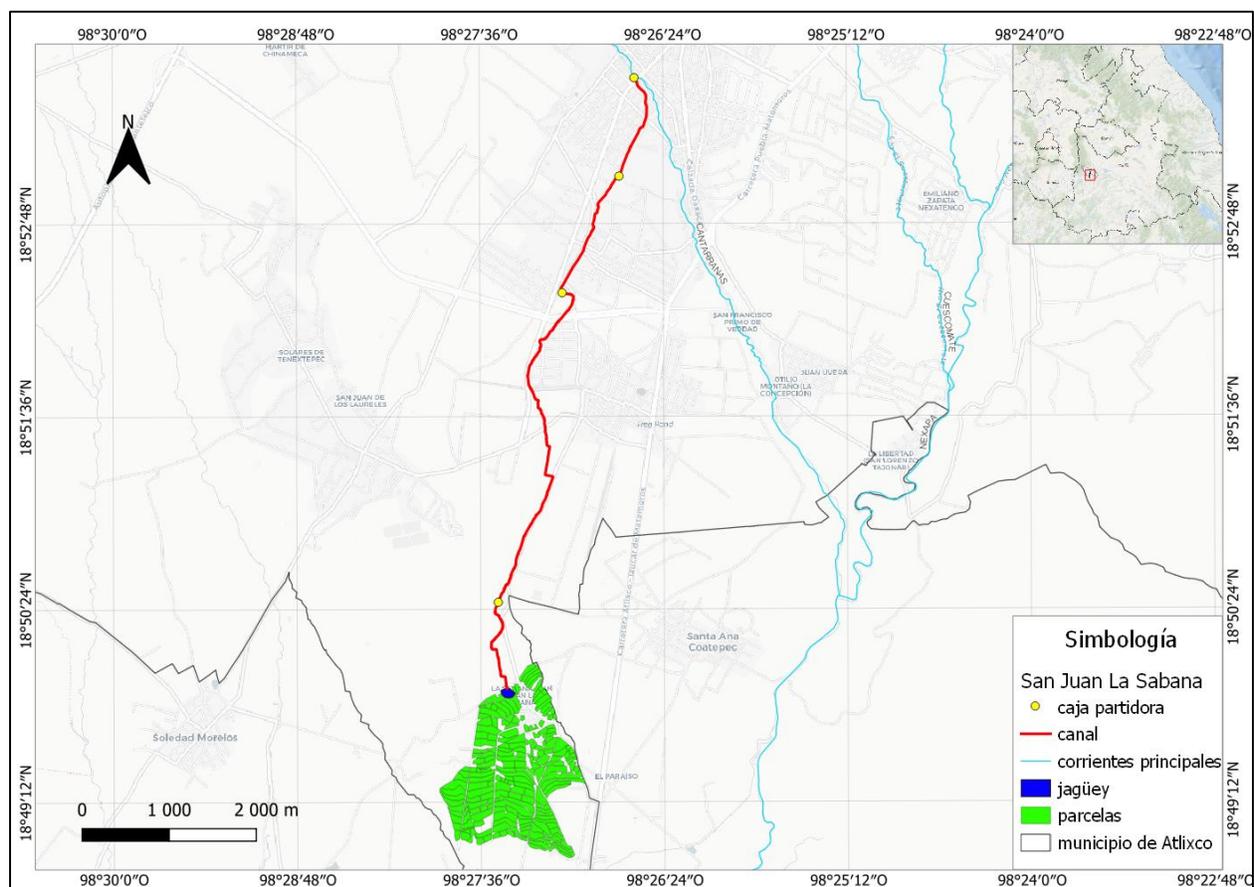


Mapa 6. Ubicación de los jagüeyes, identificando los seleccionados. [Elaboración propia]

3.3 Características y diagnóstico de los jagüeyes seleccionados

3.3.1. Jagüey San Juan La Sabana

La estructura de almacenamiento de agua superficial, está localizada en la parte suroeste del municipio de Atlixco y al norte de la comunidad San Juan La Sabana, tiene forma semicircular y ocupa un área aproximada de 1 hectárea, que lo coloca dentro de los 5 jagüeyes más grandes en extensión dentro del municipio, su profundidad en la parte más honda es de 3.5 metros; es abastecido con agua proveniente del manantial de San Baltazar Atlimeyaya, ubicado al norte de la ciudad de Atlixco, dentro del municipio de San Juan Tianguismanalco; con ayuda del Sistema de Información Geográfica, se estima la longitud total del canal desde la caja partidora más lejana a la que acuden normalmente a realizar labores de limpieza, hasta el jagüey, siendo de 8,317 metros; el agua de este jagüey actualmente se emplea para regar 257.2547 hectáreas de diversos cultivos, destacando hortalizas y flores, de acuerdo a datos proporcionados por integrantes de la sociedad de riego el caudal otorgado en el título de concesión es de 90 litros por segundo.



Mapa 7. Elementos del sistema del jagüey de San Juan La Sabana.

La infraestructura del jagüey en términos generales se observa en buenas condiciones, está construido de mampostería, no tiene fugas a la vista, cuenta con una estructura de recepción de aguas que ha quedado en la vía pública y pasa por un canal atrás de unas viviendas; también tiene una estructura de salida de agua con una válvula de compuerta para regular el flujo, así como un desfogue de excedencias que se emplea en temporada de lluvias y a la que conocen como manga.

En la Figura 2 y 3 se muestra vista de frente y perfil del jagüey, la válvula que se observa es de manufactura inglesa de diez pulgadas de diámetro, la cual no se ha cambiado desde el año 1900, y solo una vez ha recibido mantenimiento.

Presumiblemente la fecha de construcción del canal de llegada al jagüey y quizá del jagüey mismo, fue el 6 de octubre de 1900, fecha plasmada en el letrero del canal que conduce el agua previa a su ingreso al jagüey, ver figuras 4 y 5.



Figura 2 y 3.- Estructura de salida de agua del jagüey La Sabana.



Figuras 4 y 5.- Canal de entrada al jagüey La Sabana.

3.3.2. Jagüey San Diego Acapulco

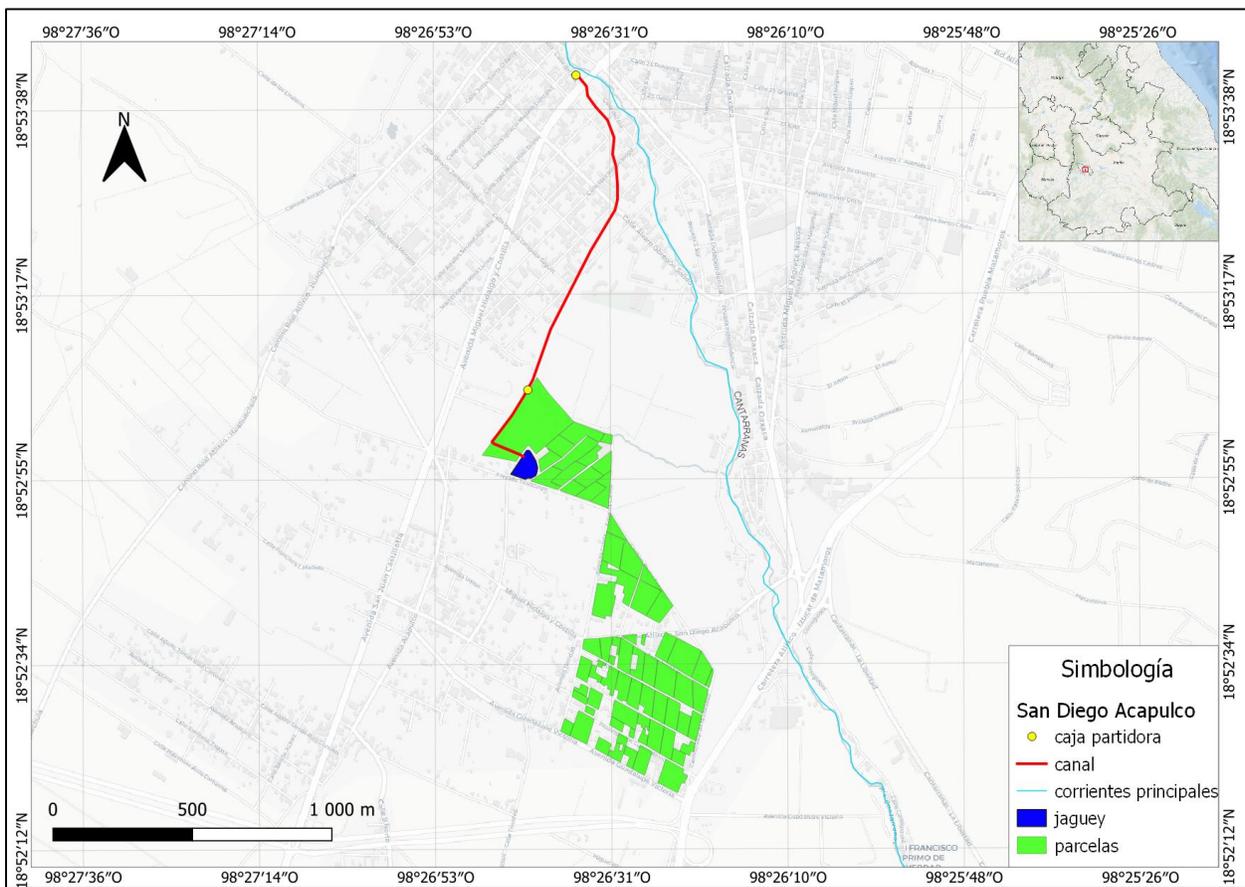
Este jagüey se ubica en la parte norte de la localidad San Diego Acapulco, tiene forma semicircular, construido de mampostería y ocupa un área estimada de 6,000 metros cuadrados, su profundidad en la parte más honda que corresponde a la pared donde se ubica la estructura de salida, es de 3.75 metros; es abastecido con agua proveniente del manantial de San Baltazar Atlimeyaya, ubicado al norte de la ciudad de Atlixco, dentro del municipio de San Juan Tianguismanalco; con ayuda del Sistema de Información Geográfica, se estima la longitud total del canal desde la caja partidora a la que acuden normalmente a realizar labores de limpieza, hasta el jagüey, siendo de 1,608 metros; el agua de este jagüey actualmente se emplea para regar aprox. 30 hectáreas.



Figura 6. Jagüey San Diego Acapulco vacío



Figura 7. Canal de agua de llegada al jagüey



Mapa 8. Elementos del sistema del jagüey de San Diego Acapulco.

La infraestructura del jagüey en términos generales se observa en buenas condiciones, está construido de mampostería, no tiene fugas a la vista, cuenta con una estructura de recepción de aguas con una compuerta que no funciona correctamente, el canal está ubicado en áreas parcelada, en las inmediaciones del jagüey existen algunas viviendas; y a su costado al lado de la vialidad se encuentran montoneras de basura, tiene una estructura de salida de agua con una válvula de compuerta para regular el flujo, así como un desfogue de excedencias que se emplea en temporada

de lluvias.

Poco a poco se han construido nuevas edificaciones de viviendas que van convirtiendo las parcelas de cultivo en terrenos habitacionales.

3.3.3. Jagüey Guadalupe Victoria

El jagüey Guadalupe Victoria se encuentra ubicado dentro de la mancha urbana, entre las colonias San José Cuauhtémoc y Guadalupe Victoria, es de mampostería, tiene forma de U y ocupa un área estimada de aproximadamente 4,000 m², es abastecido con agua proveniente del manantial de San Baltazar Atlimeyaya, ubicado al norte de la ciudad de Atlixco, dentro del municipio de San Juan Tianguismanalco; con ayuda del Sistema de Información Geográfica, se estimó la longitud total del canal desde la caja partidora más lejana a la que acuden normalmente a realizar labores de limpieza, hasta el jagüey, siendo de aprox. 2,000 metros; y del jagüey hacia los terrenos ejidales hay una distancia aproximada de 5,300 metros. El agua de este jagüey actualmente se emplea para regar aprox. 80 hectáreas.

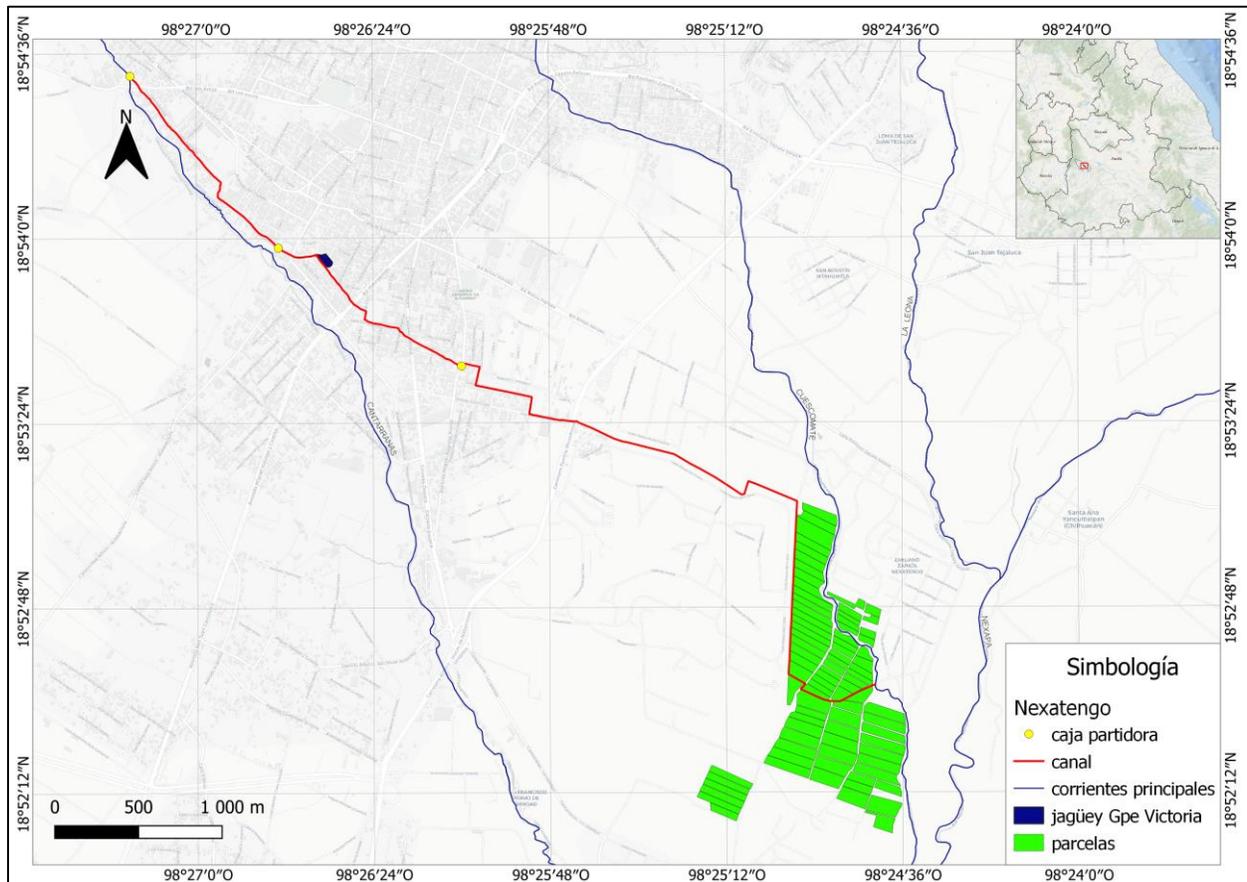
La infraestructura del jagüey se encuentra en condiciones regulares, presenta fugas a la vista, se encuentra azolvado en aproximadamente la mitad de su superficie, con crecimiento de tule, carrizo y lirio, que aunque pudieran estar realizando una acción de disminuir la carga contaminante del agua, afectan las condiciones de operación óptimas al disminuir la capacidad de almacenamiento, el jagüey es utilizado como vertedero de basura por parte de avecindados del lugar, particularmente en su extremo norte, donde ya se ha formado suelo y desarrollado vegetación debido al sedimento acumulado; ha habido intentos por parte de autoridades, grupos de estudiantes y asociaciones para mejorar la imagen del sitio, realizando campañas de limpieza y pintura de las bardas del jagüey.



Figura 8. Aspecto del interior del jagüey Guadalupe Victoria.



Figura 9. Jóvenes estudiantes en labores de limpieza del jagüey (SOAPAMA. 22 febrero 2020)



Mapa 9. Elementos del sistema del jagüey Guadalupe Victoria.

3.3.4. Jagüey Cabrera

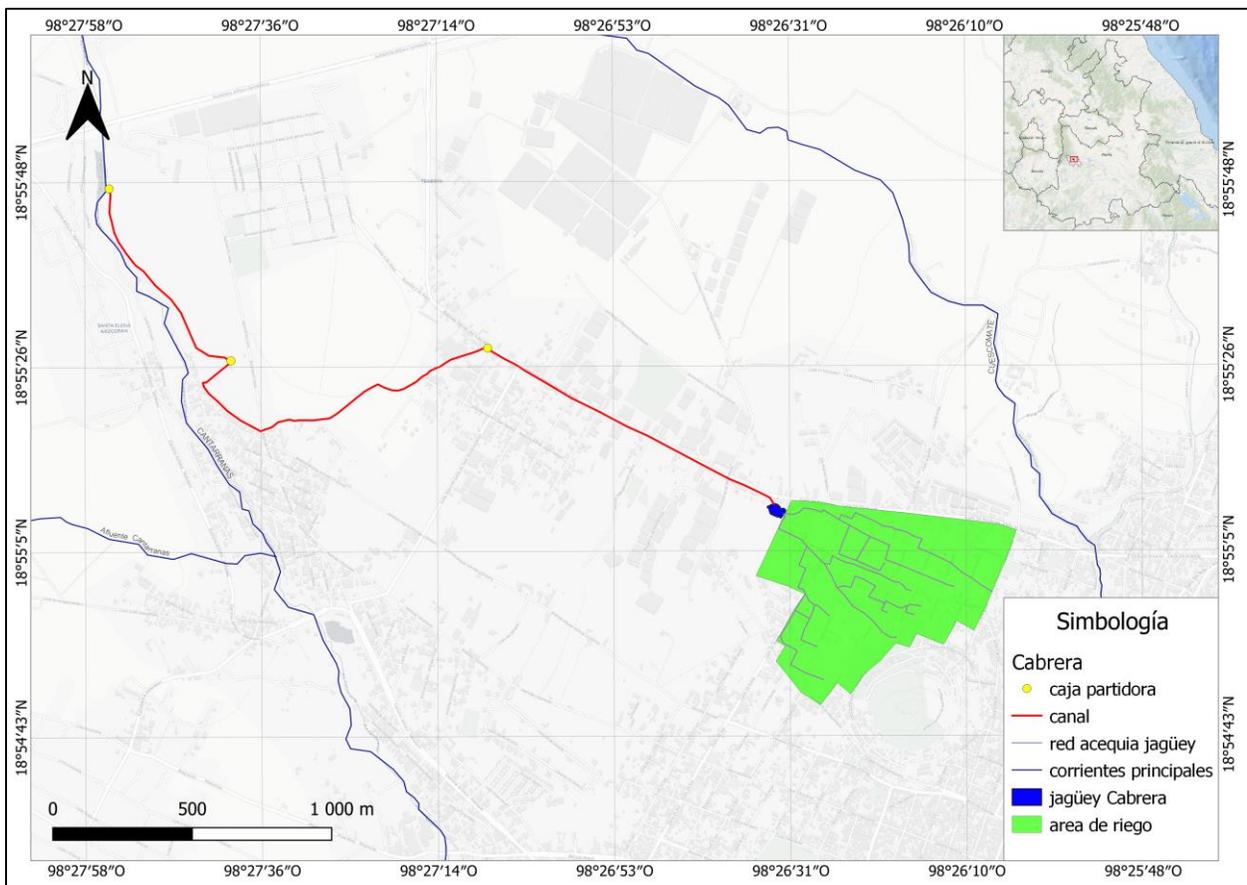
El jagüey Cabrera se ubica en la zona de viveros de la ciudad de Atlixco, posiblemente sea el jagüey más conocido de Atlixco, por el uso recreativo que se le ha dado; tiene forma irregular, no cuenta con mampostería en gran parte de su periferia, tiene un área estimada de 2,000 metros cuadrados y profundidad en la estructura de salida de aprox. 2.5 metros, a sus alrededores se encuentran establecimientos comerciales, viviendas y terrenos de cultivo, es limpiado regularmente, manteniendo un buen aspecto; la superficie de riego originalmente era de alrededor de 50 hectáreas de la colonia Solares Chicos, sin embargo se han ido empleando estos terrenos para desarrollos de viviendas e invernaderos principalmente; sus aguas provienen del manantial Atlimeyaya que es represado sobre el río Cantarranas y conducido por la red de canales existentes.



Figura 10. Jagüey Cabrera



Figura 11. Vista del agua con plantas sumergidas

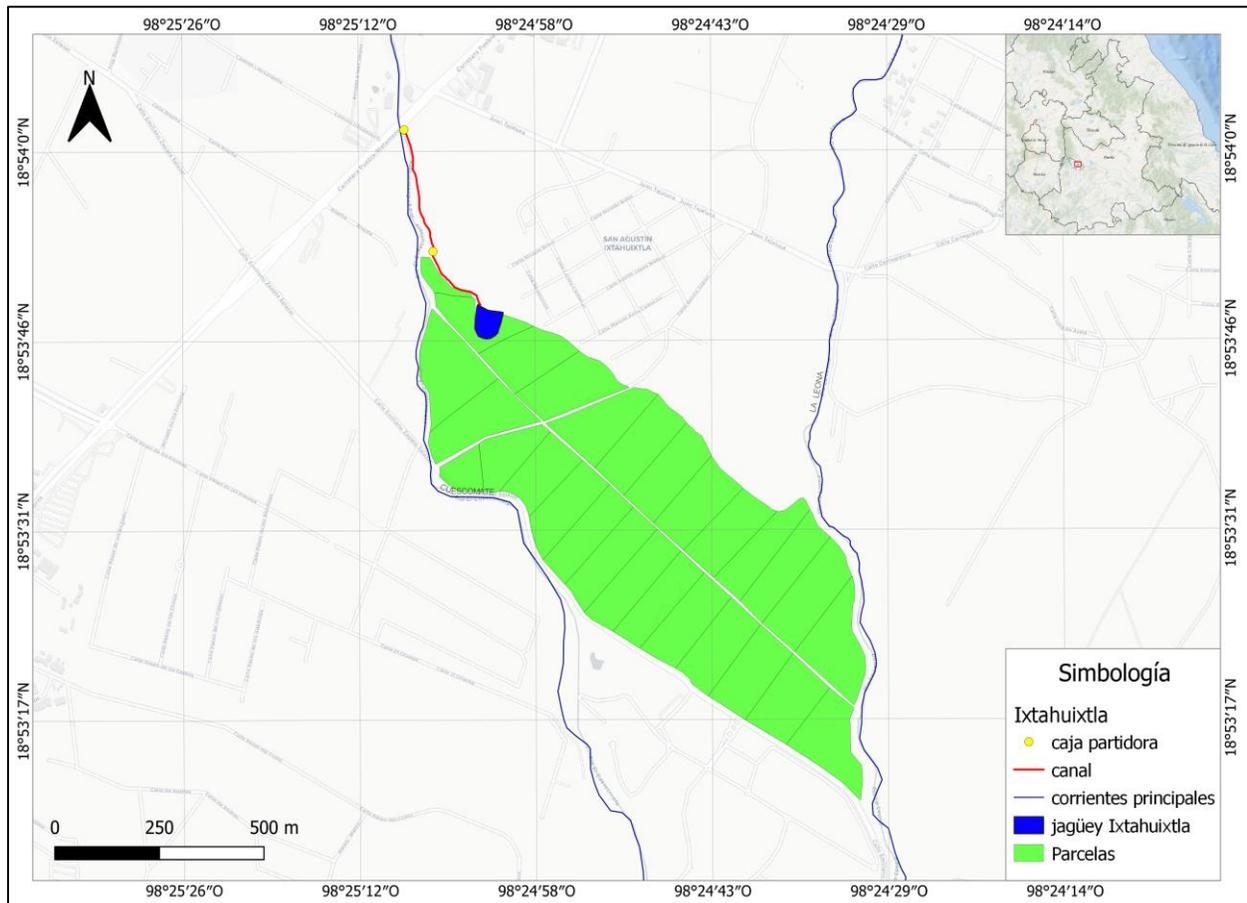


Mapa 10. Elementos del sistema del jagüey Cabrera.

3.3.5. Jagüey Ixtahuixtla

El jagüey Ixtahuixtla se ubica en la periferia de la zona urbana de la ciudad de Atlixco, tiene forma de U, con paredes de mampostería, ocupa una superficie estimada de 4,000 metros cuadrados, es abastecido con agua proveniente de la Barranca El Carmen, misma que recibe descargas de aguas residuales de las viviendas construidas sobre los márgenes izquierdo y derecho de la misma, se

sabe de la existencia de colectores marginales que han sido intencionalmente dañados para que sus aguas se viertan sobre la barranca e incrementen el caudal de agua necesaria para el riego de los cultivos aguas abajo; con ayuda del Sistema de Información Geográfica, se estimó la longitud total del canal desde la represa a la que acuden normalmente a realizar labores de limpieza, hasta el jagüey, siendo de aprox. 490 metros. El agua de este jagüey actualmente se emplea para regar aprox. 54 hectáreas.



Mapa 11. Elementos del sistema del jagüey Ixtahuixtla.

Las condiciones físicas del jagüey Ixtahuixtla son regulares, tiene azolve de sedimentos y crecimiento de carrizos principalmente, que, aunque ayudan en la disminución de contaminantes, reducen la capacidad de almacenamiento del jagüey; las aguas que recibe son preponderantemente de origen residual, generando espumas en la caída del agua de salida del jagüey, presenta en ocasiones desbordamientos también ocasionados por el exceso de vegetación y falta de mantenimiento, ver figuras 12 y 13.

En la figura 14 se observa un colector roto, cuyas aguas residuales vierten antes de ingresar a la estructura de la red (pozo de visita), esta situación ocurre previamente a la estructura de represa, donde inicia el canal de conducción hacia los ejidos de Ixtahuixtla y San Félix Hidalgo, figura 15.



Figura 12. Vista del agua contenida en el jagüey Ixtahuixtla



Figura 13. Desbordamiento lateral del jagüey.



Figura 14. Colector de aguas residuales roto.



Figura 15. Vista de la represa de la barranca el Carmen.

CAPÍTULO 4 TRABAJO DE CAMPO Y ANÁLISIS

4.1 Componente ambiental (Calidad del agua)

Los resultados de los jagüeyes en cuanto a la calidad del agua, con base en el valor de la DQO obtenido, son los siguientes:

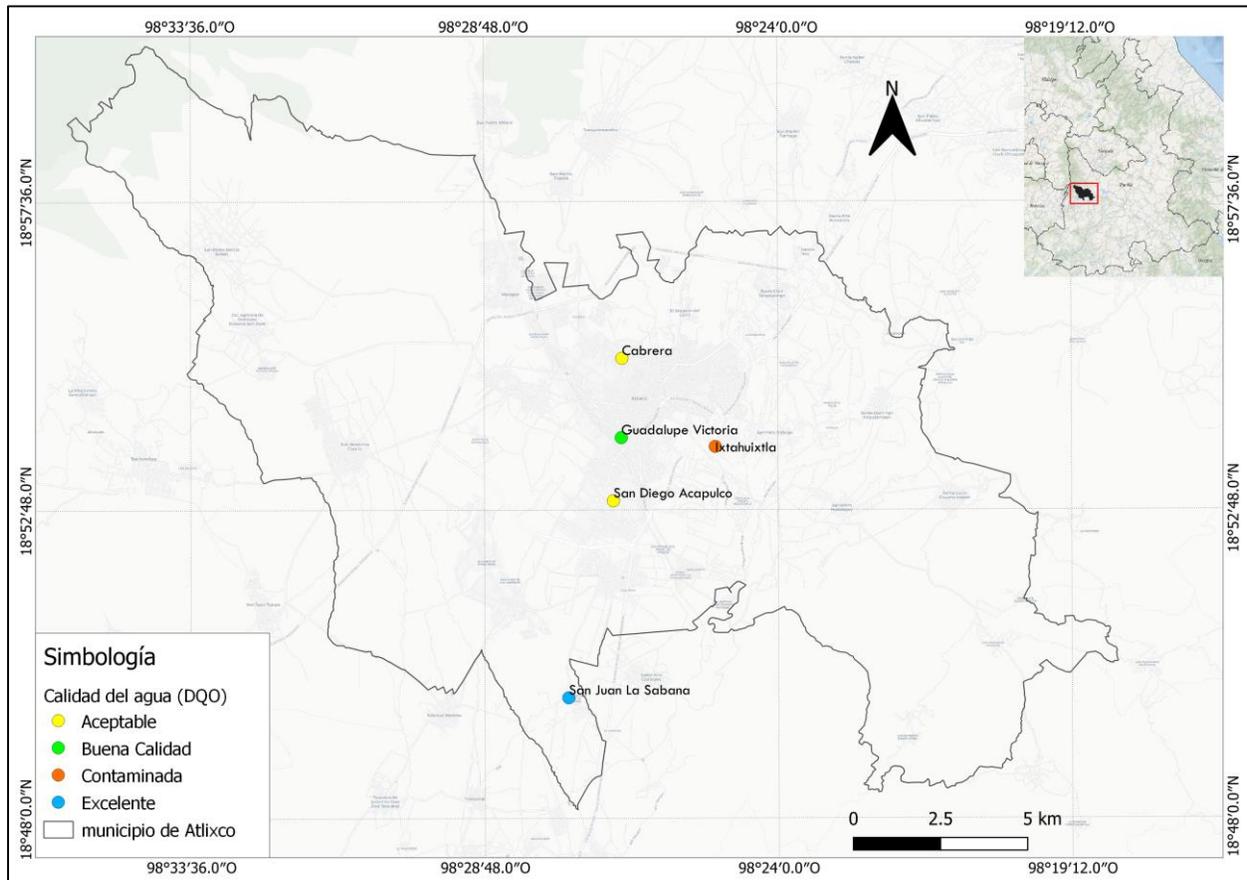
Tabla 4. Resultados de la DQO

| No. | Nombre del jagüey | Sitio* | Resultado, DQO mg/L | Criterio indicador SEMARNAT |
|-----|-------------------------|---------|---------------------|-----------------------------|
| 1 | San Diego Acapulco | entrada | 22 | Aceptable |
| | | salida | 36 | Aceptable |
| 2 | Guadalupe Victoria | entrada | 40 | Aceptable |
| | | salida | 14 | Buena calidad |
| 3 | Cabrera | entrada | 15 | Buena calidad |
| | | salida | 35 | Aceptable |
| 4 | San Agustín Ixtahuixtla | entrada | >200 | Fuertemente contaminada |
| | | salida | 77 | Contaminada |
| 5 | San Juan La Sabana | entrada | 11 | Buena calidad |
| | | salida | 8 | Excelente |

Fuente: Elaboración propia

* En la mayoría de los jagüeyes se tuvo una reducción de carga contaminante en la salida respecto de la entrada, adjudicando este resultado a dos factores principales: la sedimentación de las partículas transportadas por la corriente de agua que cambia de régimen de flujo lóxico a léxico, así como a la remoción realizada por la presencia de plantas típicas de humedales: plantas emergentes como lenteja de agua (San Diego Acapulco), lirio (en jagüey Guadalupe Victoria), carrizo (en jagüey Ixtahuixtla, Guadalupe Victoria y San Juan La Sabana), plantas sumergidas en Cabrera.

En la salida del jagüey de Cabrera y el de San Diego Acapulco, se observó mayor cantidad de impurezas en el agua de salida como pequeños trocitos de raíces de las plantas emergentes y sumergidas, también basura y presencia de aves de corral en viviendas contiguas, que podrían ser los causantes del incremento en la cantidad de materia orgánica, situación que habría que analizar con mayor detalle.



Mapa 12. Clasificación de la calidad del agua de salida de los jagüeyes.

Respecto a la percepción de la calidad del agua, los usuarios del agua del jagüey La Sabana manifiestan que no encuentran problema alguno, que prefieren el agua del jagüey para regar que las aguas de sus pozos, aquí cabe señalar que tienen 8 pozos de riego, 6 que forman parte de la sociedad de riego y 2 que son de particulares (los que cuentan con mayor superficie de parcelas), los pozos tienen profundidades estimadas de 100 metros, y cuya agua extraída es adicional al agua rodada que usan del jagüey. La preferencia del agua del jagüey respecto al agua de pozo, está relacionada con lo que perciben como una mejor calidad del agua para riego, como ser más fresca y que los cultivos la aceptan mejor, requerir menor cantidad de productos químicos para preparar las formulaciones que requieren (eso comentó el sr. Luis Molina, quien dijo “*con esta agua solo ocupo 165 mL para llegar al 5, y con la de pozo ocupo hasta 400 mL*”; se refería a la cantidad de solución amortiguadora para regular el pH del agua y dejarla adecuada para el producto químico).

La calidad del agua parece no ser problema, sino más bien una ventaja respecto a las demás localidades, contándome don Salomón, usuario del jagüey La Sabana, que él fue seleccionado como proveedor de alfalfa para los caballos del campo militar ubicado en la colonia Valle Sur, de la ciudad de Atlixco, teniendo preferencia por la ubicación de su localidad, que es conocido por regar con buena agua, *no como los del otro lado del municipio, que riegan con aguas negras*. Aquí cabe señalar que esta situación se comprueba con los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en las que se cuantificó la carga orgánica de los cuerpos de agua, observando que efectivamente el caso del agua salida del jagüey Ixtahuixtla, que se ubica del otro lado de la barranca El Carmen o Cuescomate, que recibe agua de otra fuente distinta al Atlimeyaya, y que se encuentra impactado

por la urbanización al ser esta barranca Cuescomate la que atraviesa la ciudad de Atlixco, obtuvo una clasificación de “Contaminado”; mientras que el agua de salida del jagüey de San Juan La Sabana, resultó con una clasificación de “Excelente”.

Ahondando un poco más en la entrevista con los pequeños productores de La Sabana, comentaron que si han realizado exportaciones de nopal-verdura y ejote, por lo que se asume que pasan las pruebas realizadas en la frontera, al no ser rechazados los lotes.

Algo que les parece inadecuado es la cantidad de basura que les llega al jagüey, sin embargo, no lo perciben como problema, sino que es algo que se ve mal y los problemas que les ocasiona como puede ser las obstrucciones del flujo de agua, están atendidas al realizar las revisiones y rondas de limpieza de las cajas partidoras y los canales y acequias; no identifican algún contaminante en particular, sin embargo refieren que seguramente existan descargas sanitarias en algunos tramos del canal que pasan por la ciudad de Atlixco.

Por lo que respecta a los usuarios de los jagüeyes Guadalupe Victoria e Ixtahuixtla, están conscientes de la baja calidad del agua de riego, sin embargo, como menciona la presidenta del comisariado ejidal de Nexatengo...*“es la que tenemos y en ese caso si los de Atlixco nos la contaminan, se les regresa en los alimentos y nos estamos afectando todos”*, cabe señalar en este momento, que el jagüey realiza un proceso de mejora de la calidad del agua, no obstante, no se mantiene esta condición, ya que al igual que ocurre con el canal de agua de llegada, el canal de salida del agua del jagüey transcurre entre las viviendas de la ciudad, por lo que no se tiene un control de la calidad del agua durante su transporte hasta los terrenos de cultivo; por su parte el usuario del agua del jagüey Ixtahuixtla, comentó *“el agua a veces tiene color”*, pero no afecta porque no siembran verdura *“sembramos tallo alto”*. Sin embargo, en los recorridos de campo se pudo observar rábanos, epazote y alfalfa.

Es también un problema para todos los jagüeyes observados, la cantidad de sedimento que arrastra el agua, notándose claramente en canales donde se reduce la velocidad del agua, en las cajas partidoras y en los propios jagüeyes que tienen gran cantidad de sedimento que ha ido formando suelo con el consecuente establecimiento de vegetación.

4.2. Componente hidrológico (medición de aforos)

Se determinaron los caudales del canal de llegada de los jagüeyes durante los meses de abril y mayo del 2022, es decir en temporada de estiaje, empleando el método de aforo con flotadores, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5. Resultados de aforos

| No. | Nombre del jagüey | Sitio | Resultado, L/s |
|-----|--------------------|--|----------------|
| 1 | San Diego Acapulco | Canal de entrada al jagüey | 52 |
| 2 | Guadalupe Victoria | Canal de entrada al jagüey | 106 |
| 3 | Cabrera | Canal de entrada al jagüey, aprox. 100 metros antes del ingreso. | 26 |

| | | | |
|---|-------------------------|---|----|
| 4 | San Agustín Ixtahuixtla | Inicio de canal compartido con San Félix Hidalgo, ubicado bajo el puente Flores Magón del Libramiento | 90 |
| 5 | San Juan La Sabana | Canal de entrada al jagüey | 61 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Comparativa de resultados vs reglamentación

| No. | Sitio de aforo | Dotación otorgada por el Reglamento correspondiente, L/s | Resultado promedio, L/s | Diferencia entre el aforo realizado y el reglamento | Observaciones |
|-----|--|--|-------------------------|---|--|
| 1 | Canal de entrada al jagüey San Diego Acapulco | 61 | 52 | -9 L/s | Promedio de aforos de dos días distintos |
| 2 | Canal de entrada al jagüey Guadalupe Victoria | 101.1 | 106 | +4.9 L/s | Ingreso de aguas residuales de viviendas aledañas al canal |
| 3 | Canal de entrada al jagüey Cabrera, aprox. 100 metros antes del ingreso. | 76.5 | 26 | -50.5 L/s | La dotación corresponde a la suma de dos beneficiarios, no obstante solo un canal conducía agua. |
| 4 | Inicio de canal compartido entre Ixtahuixtla y San Félix, ubicado bajo el puente Barranca El Carmen. | 74.2 | 90 | +15.8 L/s | Ingreso de aguas residuales domésticas de colectores y viviendas ubicadas en zona federal sobre los márgenes de la Barranca El Carmen. |
| 5 | Canal de entrada al jagüey San Juan La Sabana | 92 | 61 | -31 L/s | Promedio de aforos de dos días distintos |

Fuente: Elaboración propia

Comparando con las dotaciones otorgadas hace más de 60 años, la lógica indicaría que debe haber una disminución en los caudales, la cual se cumple en tres casos, no así en el jagüey Guadalupe Victoria y el jagüey San Agustín Ixtahuixtla, mismos que reciben descargas de agua residual de viviendas aledañas, situación que es congruente con los resultados de la calidad del agua que se clasificó como “contaminada” y “fuertemente contaminada”, respectivamente.



Figura 16. Trazo de canal de llegada al jagüey Guadalupe Victoria



Figura 17. Canal bajo el puente del libramiento

4.3. Componente social (los 8 principios)

Para el desarrollo de este apartado, se realizaron actividades como asistir a una reunión típica matutina en el jagüey, momento en que se reúnen quienes están interesados en regar ese día; acudir a un local al que fui invitada, en el que se juntan para desayunar varios integrantes de la sociedad de riego, realizar recorrido por los canales que llevan el agua al jagüey, acompañada de un integrante de la sociedad de riego, quien me iba explicando lo relacionado a la distribución de aguas y la problemática de cada sitio, y la aplicación de entrevista a integrantes de la sociedad de pequeños agricultores de la Sabana, así como las pláticas sostenidas con las personas de los ejidos Emiliano Zapata Nextatengo y San Agustín Ixtahuixtla.

A continuación, siguiendo cada uno de los puntos se muestra la información recabada.

1.- Límites claramente definidos. - Los individuos o familias con derechos para extraer unidades de recurso del RUC deben estar claramente definidos, al igual que los límites del recurso.

Por parte del jagüey La Sabana, cuentan con un registro actualizado de los usuarios de las aguas del jagüey, actualmente son 60 usuarios, así como las cantidades que les corresponden, tomando en consideración la superficie de sus parcelas y el tiempo que les correspondería en tantos de agua, siendo un tanto de agua lo que pase por una marca del canal de salida del jagüey, así como el jagüey se abre a las 7:00 am, todos los días excepto los sábados que no se usa y se cierra a las 15:00 horas.

Mientras que, en el caso del jagüey Guadalupe Victoria, la persona entrevistada no recordó cuantos son los beneficiarios del agua de riego, y el caso de Ixtahuixtla cuentan con 24 ejidatarios.

| PADRON DE USUARIOS AGUAS RODADAS LA SABANA | | | |
|---|-----------------------------|----------------------|-------------------|
| | NOMBRE | SUPERFICIE | |
| 1 | LUIS SOSA BRAVO | 4,5822 | |
| 2 | BERTHA JUAREZ MARTINEZ | 41,644 | 02:30:00 |
| 3 | RODRIGO JUAREZ PEREZ | 17,034 | 25:30:00 |
| 4 | ARTURO JUAREZ CHOLULA | 4 | 6:00 |
| 5 | VIRGINIO HERNANDEZ MEDINA | 4,8323 | 7:15 |
| 6 | ROBERTO CRUZ GUERRERO | 8,314 | 12:30 |
| 7 | TRINIDAD CUATECO PEREZ | 1,6285 | 2:30 |
| 8 | EDUARDO CALPEÑO RAMIREZ | 1,0865 | 1:30 |
| 9 | ARNULFO MEDINA CUENCA | 0,25 | 0:30 |
| 10 | GENARO SANCHEZ DAVILA | 1 | 1:30 |
| 11 | FLORINO CLARA | 4,9813 | 7:30 |
| 12 | SATURNINO ORZUNA ESPIRITU | 2,3598 | 3:30 |
| 13 | BRIGIDA DE JESUS ORZUNA | 2,5 | 3:45 |
| 14 | JERONIMO COLOTLA HERNANDEZ | 4,2269 | 6:30 |
| 15 | SILVERIO XOYATLA ROJAS | 2,9318 | 4:30 |
| 16 | DAGOBERTO HERNANDEZ | 6,8231 | 10:00 |
| 17 | CAYETANA HERNANDEZ | 0,5 | 0:45 |
| 18 | ISIDORA HERNANDEZ | 1 | 1:30 |
| 19 | MAGDALENO XOYATLA HERNANDEZ | 3,1861 | 6:45 |
| 20 | PONCIANO HERNANDEZ RAMOS | 6,2724 | 9:30 |
| 21 | JAIIME CRUZ TOLEDO | 4,441 | 6:30 |
| 22 | NICOLAS ROJAS GARCIA | 2,9126 | 4:30 |
| 23 | LUIS MOLINA XOYATLA | 6,212 | 10:00 |
| 24 | FRANCO BAUTISTA AGUILAR | 4,78 | 7:15 |
| 25 | REMEDIOS HERNANDEZ MARTINEZ | 4,0726 | 6:00 |
| 26 | LUCIA JIMENEZ JUAREZ | 4,4745 | 6:45 |
| 27 | MARTIN CRUZ | 3,5 | 5:15 |
| 28 | QUIRINO TORRES SEGUNDO | 4,15 | 6:30 |
| 29 | JORGE CUATECO GOMEZ | 3,9822 | 6:00 |
| 30 | MAURICIA MARTINEZ | 8,6879 | 13:30 |
| 31 | NICANOR TORRES PEREZ | 9,06 | 13:45 |
| 32 | FERNANDO CUATECO GOMEZ | 8,4 | 12:30 |
| 33 | NATALIA BAUTISTA FLORES | 4,024 | 6:00 |
| 34 | SERGIO CUATECO TORRES | 2,0526 | 3:00 |
| 35 | FLORENCIO CHOLULA SEGUNDO | 2 | 3:00 |
| 36 | RAYMUNDO CHOLULA SEGUNDO | 3,3303 | 5:00 |
| 37 | LEONCIO ORZUNA HERNANDEZ | 4,4053 | 6:30 |
| 38 | TEODULO HERNANDEZ MORALES | 3,13 | 4:45 |
| 39 | MARCELINO HERNANDEZ MORALES | 2,0055 | 3:00 |
| 40 | FRANCISCO CUATLE FLORES | 1,6558 | 2:30 |
| 41 | SIXTO HERNANDEZ XELO | 3,6051 | 5:30 |
| 42 | ALEJANDRO VALERIO PERALTA | 4,1296 | 6:15 |
| 43 | ENRIQUE BAUTISTA MARTINEZ | 0,9614 | 1:30 |
| 44 | DOLORES BAUTISTA MARTINEZ | 0,9614 | 1:30 |
| 45 | EMMA HERNANDEZ MEDINA | 1 | 1:30 |
| 46 | FIDEL MENDEZ ESPIRITU | 1 | 1:30 |
| 47 | JAIIME COATL MIXCOATL | 2,4475 | 4:30 |
| 48 | MARCELINO HERNANDEZ SEGUNDO | 2,7828 | 4:15 |
| 49 | EUSTACIO DE JESUS PEREZ | 5,2478 | 7:45 |
| 50 | SIMON DAVILA GENIS | 3,8095 | 5:45 |
| 51 | GENOVEVA DAVILA | 6 | 9:00 |
| 52 | ESPERANZA TORRES MORANCHEL | 2 | 3:00 |
| 53 | ROGELIO MENDEZ ESPIRITU | 2,4105 | 3:30 |
| 54 | APOLONIO SANCHEZ HERNANDEZ | 1,9751 | 3:00 |
| 55 | ALVARO JIMENEZ JUAREZ | 2,482 | 3:45 |
| 56 | ELEAZAR MOLINA AGUILAR | 1,482 | 2:15 |
| 57 | JUAN MANCILLA SIMBRO | 1 | 1:30 |
| 58 | ANTELMO CUATECO GOMEZ | 2,4014 | 3:30 |
| 59 | AZARIAS CASTRO TORRES | 1,9633 | 3:00 |
| 60 | LUIS MENDEZ PEREZ | 4,3161 | 6:30 |
| TOTALES | | 257,2547 Has. | 389,5 Hrs. |

Figura 18 y 19. Registro de usuarios de agua del jagüey de La Sabana.

2.- Coherencia entre las reglas de operación y provisión con las condiciones locales. - Las reglas de apropiación que restringen el tiempo, el lugar, la tecnología y la cantidad de unidades de recurso se relacionan con las condiciones locales y con las reglas de provisión que exigen trabajo, material y dinero o ambos.

La sociedad de riego de pequeños productores de La Sabana, considera proporcionalmente tanto los beneficios como las responsabilidades, así pues, en el caso del usuario que le corresponde una mayor cantidad de recurso por contar con mayor superficie regable, también le corresponde una mayor longitud de limpieza de canales y caminos, esto además les da un sentido de justicia en cuanto a que cada quien tiene y da lo que le corresponde. Como me dijo Salomón, *“a mí me toca limpiar 300 metros, más o menos de allá donde está la camioneta hasta donde termina esa parcela, es mucho, pero imagínese lo que le toca limpiar a Carlos, a ese pobre le toca como un kilómetro...”*, y ríe sabiendo lo que implica mantener despejados y limpios los canales.

En lo que corresponde a usuarios del jagüey Guadalupe Victoria, mayormente gestionan los apoyos necesarios como la limpieza y desazolve de canales con las autoridades locales, mediante oficios y seguimiento a los mismos, principalmente ante el ayuntamiento o el sistema operador; cuando no es posible conseguir el apoyo, convocan a asamblea y en caso de ser una acción de mayor urgencia generalmente acuerdan a favor de realizar la cooperación necesaria sea económica o mediante faenas para resolver la situación, en caso contrario pueden esperar incluso hasta el siguiente cambio de administración para resolver o continuar la gestión correspondiente.

Los usuarios del jagüey Ixtahuixtla por su parte se muestran más independientes respecto a la petición de apoyos ante las autoridades, en parte puede ser debido a que su tramo de canal es mucho más corto respecto al del jagüey Guadalupe Victoria, y toda su infraestructura queda comprendida en su localidad, constituyendo una entidad más cerrada.

3.-Arreglos de elección colectiva. - La mayoría de los individuos afectados por las reglas operativas pueden participar en su modificación.

En este punto, los tres grupos estudiados cumplen con este aspecto, el usuario de Ixtahuixtla menciona que todos participan en la organización, que sin falta realizan una asamblea al inicio de la temporada de lluvias para acordar la limpieza de los canales, al igual que lo comentado por la presidenta del comisariado ejidal de Nexatengo, refiriendo que todos los temas son tratados mediante las asambleas, en el caso del comité de La Sabana realizan asambleas regularmente cada trimestre, en las que se establecen los acuerdos, asentándolos en el acta de asamblea y firmando, además que todos y cada uno de los miembros de la sociedad de pequeños agricultores, en algún momento forman parte del comité de riego, ya que este cambia cada seis meses y se van rotando los integrantes de acuerdo al listado; por lo que, cada uno vive lo que es estar en ambas partes de la agrupación.

En el día a día existen varios acuerdos, uno de ellos, el que ocurre todas las mañanas a las 7:00 a.m. en el jagüey es el rol de riego del día, también es válido que se puedan ceder sus tiempos de riego entre sí, normalmente ocurre que los mayores usuarios de agua cedan algo de sus tiempos, bien porque en algún momento no lo requieren por no tener cultivo en todas sus parcelas o bien porque estén usando agua de sus pozos particulares, por ejemplo.

4.-Supervisión. - Los supervisores que vigilan de manera activa las condiciones del RUC y el comportamiento de los apropiadores, son responsables ante ellos o bien son apropiadores.

Es una de las funciones que tienen más peso en cuanto a las funciones de los comités, en los tres casos existen acciones de supervisión, en el caso de los dos ejidos cuentan con el consejo de vigilancia, cuyo presidente o en su caso su suplente, pueden recibir notificaciones de los integrantes del ejido y es el responsable de ir a supervisar lo que le reporten.

El comité de riego de la Sabana por su parte tiene fechas establecidas para realizar la supervisión grande que es la que corresponde a los tramos de canal entre el jagüey y la caja repartidora conocida como la caja de la Trinidad, siendo estas fechas las siguientes: 2 de abril, 2 de agosto y 2 de diciembre; además de estar acudiendo diariamente los interesados en regar al jagüey donde se ponen de acuerdo sobre el rol del día, vigilando que el compañero no se pase de tiempo, así como los beneficiados del riego del día, se encargan de revisar que por lo menos las dos últimas cajas repartidoras no tengan obstrucciones; o bien en cuanto detectan una disminución de caudal acuden a los sitios que ya identificaron como problemáticos ya sea que vaya uno solo cuando es algo que consideran sencillo o bien se apoyan como grupo cuando se trata de acudir a cajas repartidoras en las que existen más beneficiados como es el caso de la caja en la que confluyen 5 localidades beneficiadas, para la cual han establecido revisión los días 15 de cada mes llueve o truene como dicen; por parte de su agrupación acuden 6 personas, revisan principalmente que no se encuentre azolvada, retirando exceso de basura y tierra para permitir el libre flujo del agua.



Figura 20. Reunión matutina en el jagüey para acordar el riego del día entre los interesados.



Figura 21. Beneficiado del riego del día, limpiando la caja repartidora.

5.-Sanciones graduadas. - Los apropiadores que violan las reglas operativas reciben sanciones graduadas (dependiendo de la gravedad y del contexto de la infracción) por parte de otros apropiadores, funcionarios correspondientes, o de ambos.

En La Sabana, las sanciones que aplican son más que nada económicas estableciendo los montos mediante acuerdos de asamblea, por ejemplo, tienen una sanción con tarifa básica que es de 50 pesos por no limpiar el camino, estableciendo el día de revisión, y 50 pesos por cada día que pase

que no lo realice, es decir se va acumulando, otra sanción que tienen es por no cerrar el jagüey a la hora establecida, por esta son 500 pesos sin excusas, además de que le contabilizan ese tiempo de riego.

Mientras que en el caso de usuarios del jagüey Guadalupe Victoria, comenta la presidenta del comisariado ejidal de Nexatengo que en primera instancia le hacen un llamado de atención al infractor y en caso de reincidir o que no se corrija, entonces le aplican la sanción económica, pero no especificó los montos de las sanciones.

La sanción más generalizada para los usuarios del jagüey Ixtahuixtla es castigarlos sin agua, no se logró establecer claramente si este castigo es parejo o si va incrementando la cantidad de días sin agua de acuerdo a la falta cometida.



Figuras 22 y 23. Luis y Salomón limpiando sus respectivos tramos de canal.

En las figuras 22 y 23, se ejemplifica la actividad de limpieza de tramos de canal por parte de dos ejidatarios, en caso de revisión (cuatrimestral) serían 50 pesos por cada día que pase sin ser limpiado, si dejan que se acumule la basura después les resulta más difícil realizar la limpieza, por lo que, optan por recoger la basura y despejar sus tramos cada vez que acuden al sitio.

6.-Mecanismos para la resolución de conflictos. - Los apropiadores y sus autoridades tienen un acceso rápido a instancias locales para resolver conflictos entre los apropiadores, o entre éstos y los funcionarios a bajo costo.

Para la Sabana, la principal instancia para dirimir conflictos generados entre la misma sociedad de riego es el comité, manejándose con las reglas establecidas y en todo caso mediante la asamblea, cuentan con la figura de Inspector auxiliar de la comunidad, quien más que nada es un gestor de las necesidades de la comunidad ante el ayuntamiento de Atlixco y demás instancias que correspondan.

Como se había mencionado previamente, el caso de Ixtahuixtla es algo más hermético, por lo que, tratan de resolverlo en la propia asamblea, no obstante, han realizado juicios respecto a tenencias de tierra de cultivo a favor de uno u otro integrante del ejido, que, aunque son procesos lentos, han tenido el acceso a las distintas instancias tanto locales como estatales y/o federales, para atender la situación conflictiva.

Los ejidatarios de Nexatengo, por su parte, comentan que los conflictos que tienen principalmente son ocasionados por la invasión de la zona federal por parte de los habitantes de la mancha urbana, tanto de los canales de conducción del agua como del propio jagüey, situación que han planteado ante las autoridades de los tres niveles de gobierno y que sin embargo no han sido gestiones favorables para ellos, continuando las zonas con esta problemática, ocasionando incluso acciones de enfrentamiento entre ellos y los habitantes de la ciudad.

7.-Reconocimiento mínimo de derechos de organización. - Los derechos de los apropiadores a construir sus propias instituciones no son cuestionados por autoridades gubernamentales externas.

Los pequeños propietarios de la Sabana, expresan sentirse reconocidos por parte de las autoridades locales como por autoridades de la Conagua, que ambas son con las que más tienen asuntos que tratar, y que han sido respetados ya que independientemente de ser reconocidos como sociedad de pequeños productores de San Juan La Sabana, cuando deben realizar algún trámite ante la Conagua, validan su representatividad mediante acta de asamblea protocolizada ante notario público, con lo cual ellos mismos pueden llevar a cabo los trámites que requieren como son las prórrogas de derechos para extracción de agua tanto de los pozos como del manantial Atlimeyaya, siendo de las localidades que cuentan con título vigente de la Conagua.

Por su parte los ejidos, cuentan con procedimientos bien establecidos al respecto, de acuerdo a lo comentado por la presidenta del comisariado ejidal de Nexatengo, cuentan con su nombramiento por tres años para la representatividad del colectivo, mismo que es avalado mediante acta de asamblea a la que acude una autoridad de la Procuraduría Agraria con credenciales del Registro Agrario Nacional.

El comité del jagüey en el caso de La Sabana tiene 6 integrantes, el colectivo del ejido Nexatengo se conforma por 12 integrantes, mientras que el de Ixtahuixtla no dio información respecto a la conformación del comité.

8.- Entidades anidadas. - Las actividades de apropiación, provisión, supervisión, aplicación de las normas, resolución de conflictos y gestión se organizan en múltiples niveles de entidades incrustadas.

Por lo que comenta el usuario de Ixtahuixtla, cuentan con una asociación de comisariados ejidales, reuniéndose en la ciudad de Atlixco, por lo que en este caso no es un caso de entidades incrustadas sino más bien agrupación en el mismo nivel, mientras que, de acuerdo a lo platicado con gente del comité de La Sabana, de algún modo están agrupándose en primera instancia con las otras 4 localidades que tienen en común la caja repartidora para realizar las acciones de supervisión y provisión para lo cual se han integrado en un comité llamado comité de gestión que agrupa a los usuarios mayoritarios, sin embargo se puede decir que hasta ahí ha llegado la organización, más que nada para la limpieza de estructuras compartidas.

4.4. Integración y relaciones entre los componentes

Para la mejor apreciación y análisis se presenta el siguiente cuadro comparativo de los resultados obtenidos del trabajo de campo en los componentes estudiados.

Tabla 7.- Cuadro comparativo de componentes y resultados por jagüey

| Componente | Descripción | Resultado por jagüey | | |
|--------------------|--|---|--|---|
| | | La Sabana | Guadalupe Victoria | Ixtahuixtla |
| Ambiental | Calidad del agua de salida del jagüey, mediante el parámetro DQO, comparado con el criterio de la SEMARNAT | Excelente | Buena calidad | Contaminada |
| Hidrológico | Resultados del aforo con flotador comparado con la Reglamentación de Aguas correspondiente | -31 lps | +4.9 lps | +15.8 lps |
| | Tipo de riego | Riego por gravedad en surco | Riego por gravedad en surco | Riego por gravedad en surco |
| Social | <i>Límites claramente definidos.</i> | Mostraron su padrón de usuarios. Mencionan que acorde a su título tienen un caudal asignado de 90 lps. | La presidenta no recuerda cuantos son los usuarios. No sabe cuánta agua le llega ni cuanto almacenan en el jagüey. | No quiso decir, (o no sabe exactamente). No sabe cuánta agua le llega ni cuanto almacenan en el jagüey. |
| | <i>Coherencia entre las reglas de operación y provisión con las condiciones locales.</i> | Usuario que le corresponde una mayor cantidad de recurso por contar con mayor superficie regable, también le corresponde una mayor longitud de limpieza de canales y caminos. | Gestionan apoyos con maquinaria, equipo o mano de obra ante el Ayuntamiento o ante el SOAPAMA, principalmente para la limpieza de canales. | Ocasionalmente solicitan apoyos externos. |
| | <i>Arreglos de elección colectiva.</i> | Son permanentes, ya que a todos les corresponderá ser parte del comité. | Mediante asambleas, cualquier persona que tenga un asunto lo puede comentar. | Todos participan en la organización mediante las asambleas. |
| | <i>Supervisión.</i> | Diariamente los interesados en regar vigilan que el compañero no se exceda de tiempo. Cuentan con programa de supervisión. | Cuentan con el consejo de vigilancia para recibir notificaciones de los integrantes del ejido, quien es el responsable de ir a supervisar. | Si mediante el consejo de vigilancia. |
| | <i>Sanciones graduadas.</i> | Tienen una sanción con tarifa básica que es de 50 pesos por no limpiar el camino, y 50 pesos por cada día que pase que no lo realice; es decir, se va acumulando. | Primero hacen llamado de atención, si el infractor no hace caso, se aplica sanción. | Les quitan el agua, el entrevistado no supo decir si las sanciones van incrementando, solo dijo que el castigo es que no le den agua. |
| | <i>Mecanismos para la resolución de conflictos.</i> | En primera instancia como comité resuelven; se han ido organizado para resolver sus conflictos más grandes con la Trinidad Tepango. | Gestionan ante la autoridad su intervención, por ejemplo en el caso de invasión de canales. | Mediante la asamblea lo hablan, y también han acudido a instancias federales para resolver juicios entre ejidatarios. |
| | <i>Reconocimiento mínimo de derechos de organización.</i> | Si, ellos pueden gestionar sus propios trámites ante CONAGUA y ayuntamiento, sin que medie algún tercero. | Cuentan con nombramiento por 3 años, que es avalado por la procuraduría agraria. | Cuentan con nombramiento por 3 años, que es avalado por la procuraduría agraria. |
| | <i>Entidades anidadas.</i> | Se han acercado a los otros usuarios de las cajas partidoras para la limpieza de estructuras en común. | Pertenece a una sociedad que agrupa a los ejidatarios de la misma fuente superficial (Junta de Aguas). | Pertenece a una sociedad que agrupa a los ejidatarios de la misma fuente superficial (Junta de Aguas). |

Fuente: Elaboración propia

En un esfuerzo por establecer relaciones entre los distintos componentes, dada la complejidad derivada de que son de distintas áreas del conocimiento y se tienen tanto datos cuantitativos como cualitativos, se emplearon modelos de pensamiento sistémico como herramienta metodológica, mediante la utilización de los arquetipos sistémicos, para tratar de establecer “estructuras” existentes y repetitivas, con la finalidad de encontrar puntos clave para la elaboración de propuestas. Primero se presenta la situación observada, después se identifica el arquetipo sistémico y se procede a su descripción.

Situación observada: Históricamente, desde la llegada de los españoles, existe en Atlixco una competencia por el agua entre usuarios del mismo sector agrícola, así como entre usuarios de distintos usos. Una percepción que se tiene respecto a las aguas de la barranca El Carmen, de la cual se deriva un volumen de agua para el jagüey de Ixtahuixtla, fue que precisamente se agotó el agua limpia de la barranca cuando se dio el crecimiento de la zona urbana y se incrementó la extracción subterránea de agua para uso público urbano.

Arquetipo sistémico: **La tragedia del terreno común** es útil para representar la competencia por el agua entre los distintos usuarios de riego y entre las mismas instituciones como el organismo operador de los servicios públicos de agua y drenaje vs agricultores; por lo que, ahora no hablamos de individuos sino de organizaciones de acuerdo al tipo de uso de agua, siendo un síntoma latente percibido por agrupaciones de ejidatarios que no quieren que una entidad pública como el sistema operador municipal llegue a las localidades por temor a que sus recursos hídricos les sean arrebatados.

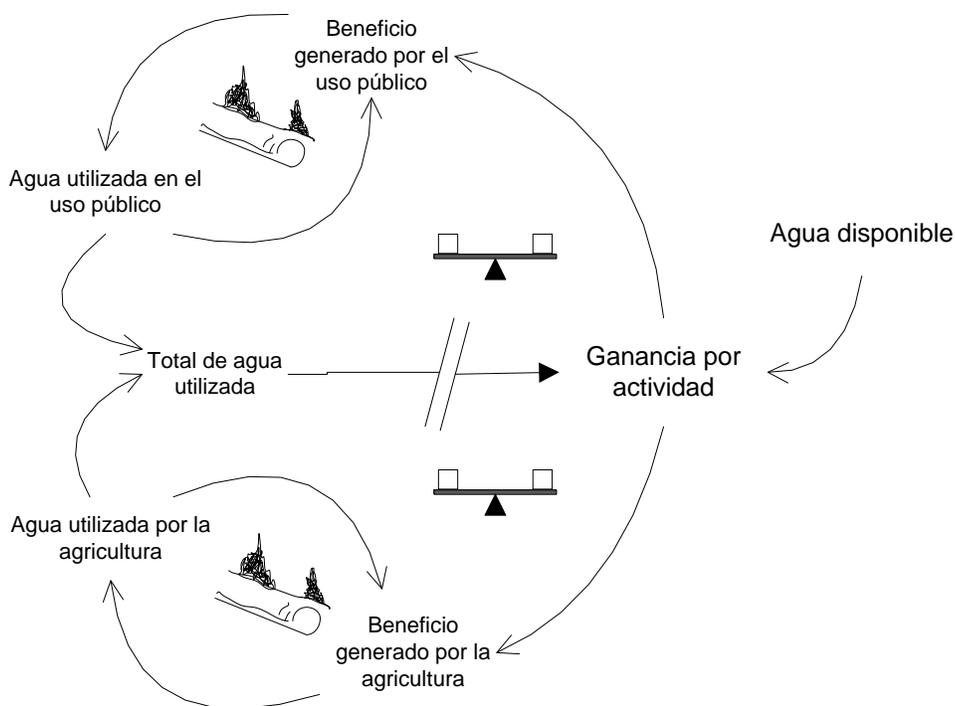


Figura 24. Esquema general del arquetipo La tragedia del terreno común, aplicado al caso de la competencia por el uso que agotó el recurso hídrico de la barranca El Carmen.

Descripción: Los individuos utilizan un recurso común que es limitado, lo cual no parece tenerse en cuenta, ya que se repara únicamente en las necesidades individuales. Al principio esa actitud no representa un problema, recibiendo cada uno la compensación esperada, pero eventualmente hay una disminución del recurso y, por ende, en las ganancias, lo cual les induce a intensificar los esfuerzos, con la inevitable consecuencia de afectar, agotar o erosionar (Senge, 2010). Así sucedió en el caso del agua superficial de la barranca El Carmen, de la que se alimenta el jagüey Ixtahuixtla, donde gradualmente el agua que fluía limpia y de forma natural, fue sustituida por aguas residuales ante el establecimiento de la población en las zonas colindantes que satisfizo sus necesidades sin considerar a otros usos y usuarios.

En cuanto al punto clave en este arquetipo, que es lograr la gestión autorregulada de los recursos comunes, precisamente el trabajo de Ostrom se dedicó a demostrar que era posible lograrlo; para el caso particular de esta investigación, cabe señalar que, en el caso de La Sabana, se observó un mejor cumplimiento de los puntos de Ostrom, por lo que, se puede decir que es un caso de manejo de bienes comunes exitoso. No obstante, está recibiendo menos agua que en el pasado, de manera que, de cierto modo, se han afectado sus metas, aun cuando el recurso lo han sustituido con agua subterránea, ya que, en su caso tiene mayor aceptación el agua del jagüey respecto al agua del pozo, como se describió en el apartado de calidad del agua, al considerar que esta agua les asienta mejor a sus cultivos.

En el caso del jagüey de Ixtahuixtla, como solución ante la escasez de agua de la barranca El Carmen, se fue sustituyendo gradualmente el volumen de agua limpia por agua residual, situación que trajo consigo otros efectos, que pueden representarse con los arquetipos: erosión de metas y desplazamiento de la carga, que se describen a continuación.

Situación observada: En términos generales, priorizan la cantidad de agua respecto de la calidad de la misma; a falta de agua recurren a obtenerla de otras fuentes no importando la calidad, en el caso de Ixtahuixtla la obtienen mediante drenado de colectores de drenaje municipal para que se viertan sus aguas a la barranca, antes de la represa donde captan el agua para su posterior conducción al jagüey; en el caso de La Sabana, han perforado pozos para completar el volumen de agua para sus cultivos, no obstante, el agua del jagüey es más apreciada que la de los pozos, en tanto que a los usuarios del jagüey Guadalupe Victoria tampoco les importa la calidad que tenga, mientras les esté llegando el agua.

Arquetipo sistémico: **Erosión de metas:** al verse afectados los volúmenes de aguas establecidos en los reglamentos de distribución, los productores se ven en la necesidad de buscar alternativas para poder suplirlos, en algunos casos pueden conseguir la autorización de Conagua para la perforación de algún pozo o pozos; no obstante, deben cubrir los costos de operación y mantenimiento del pozo; una práctica común es establecer una tarifa por hora, y los interesados deben pagar las horas de bombeo, estando sujetos de este modo a la economía particular de cada productor, con lo que merman o ajustan sus necesidades de riego; o bien, buscan otras alternativas de fuentes de agua para riego, como son las aguas residuales, que son vertidas sin tratamiento hacia las represas y canales que abastecen a los jagüeyes; estas aguas sin costo aparente les afectan tanto a la calidad de los productos que obtienen como a las características propias del suelo que las reciben, ya que al no estar saneadas, contribuyen en procesos de descomposición por la alta actividad microbiana, generándoles costos que no tienen cuantificados.

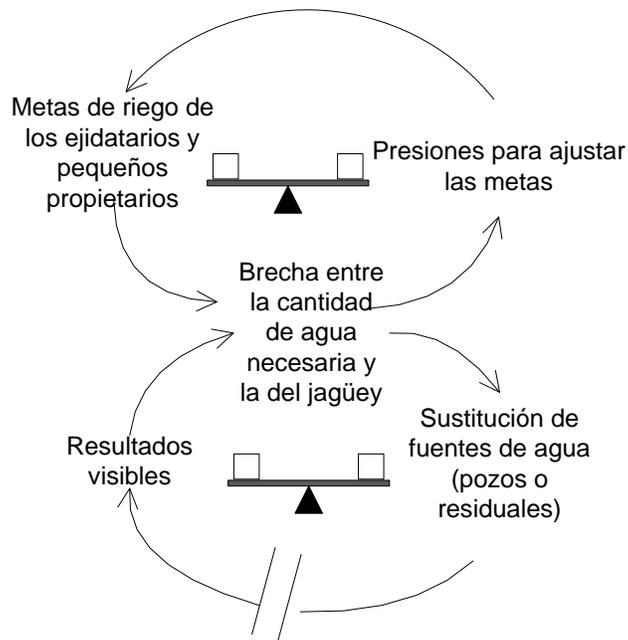


Figura 25. Esquema del arquetipo Erosión de metas, aplicado a los usuarios de riego

Descripción: Se trata de una estructura de desplazamiento de la carga donde la solución de corto plazo significa el deterioro de una meta fundamental de largo plazo, el síntoma de advertencia es: “no importa que nuestras pautas de desempeño se deterioren un poco, sólo hasta que termine la crisis” (Senge, 2010).

La clave en este arquetipo es mantener la visión, es decir, enfocarse en las metas, para el caso de la producción de alimentos está en el crecimiento continuo la demanda, conforme al crecimiento de la población, por lo que la cantidad necesaria de agua para producirlos cada vez es mayor. El alcance de este trabajo no incluyó la estimación de eficiencias de riego, por lo que no podemos saber puntualmente cual es la eficiencia global en cada caso, sin embargo, las tecnologías de riego con mayores eficiencias son el riego por goteo y el riego por aspersión; considerando que la tecnología que emplean es riego por gravedad, cuya eficiencia en casos de mal manejo puede ser tan baja como del 15% (Lujan, 1992). Podemos decir que para poder conseguir una buena eficiencia global en los riegos por gravedad es necesario garantizar la menor cantidad de pérdidas posibles durante la conducción, distribución y aplicación del agua en las zonas regables, es decir, en la medida que reduzcan las pérdidas en el sistema, y/o se adopten nuevas tecnologías como las de riego a presión, disminuirá la brecha de la cantidad de agua con la que cuentan, respecto de la cantidad de agua que requieren para los cultivos.

Situación observada: Los usuarios de agua de los jagüeyes Guadalupe Victoria y de Ixtahuixtla realizan el riego con agua residual cruda, lo justifican señalando que si los habitantes de la zona urbana les contaminan el agua, ellos como usuarios del agua para riego así la van a usar, en sus propias palabras señalan: “...si nos dan suciedad les regresamos la suciedad” (en los productos de campo que cultivan), desplazando con esto su responsabilidad de obtener productos de mejor calidad, disminuyendo los riesgos sanitarios que conlleva el regar con aguas residuales sin tratamiento previo.

Arquetipo sistémico: **Desplazamiento de la carga:** el síntoma problemático es la disminución de aguas naturales para riego, la solución del síntoma es usar el agua residual (aguas negras), para sostener las necesidades de agua de los cultivos, mientras que el efecto lateral es el deterioro en la calidad de los cultivos; la solución fundamental es emplear agua debidamente tratada que sea apta para el riego de la variedad de cultivos que producen.

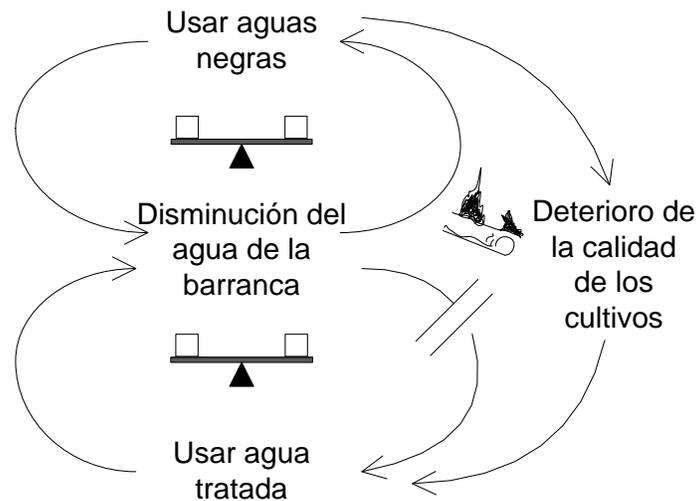


Figura 26. Esquema del arquetipo Desplazamiento de carga, aplicado a los usuarios de riego que emplean aguas negras

Descripción: Se usa una "solución" de corto plazo para corregir un problema, con resultados inmediatos aparentemente positivos. A medida que esta corrección se usa cada vez más, las medidas correctivas fundamentales se aplican cada vez menos. Con el tiempo, las aptitudes para la solución fundamental se atrofian, creando mayor dependencia respecto de la solución sintomática (Senge, 2010).

La clave o principio administrativo es concentrarse en la solución fundamental. Si la solución sintomática es imperativa (a causa de las demoras de la solución fundamental), hay que usarla para ganar tiempo mientras se trabaja en la solución fundamental. Por lo que, es indispensable trabajar en los proyectos de tratamiento de aguas residuales sin perder el seguimiento, para lo cual es necesario que se involucren completamente los ejidatarios sacándolos de su zona de confort ya que actualmente tienen mayor afinidad hacia la solución sintomática y poco interés en la solución fundamental; en palabras de Senge, se están atrofianando las aptitudes para la solución fundamental.

En este punto se requiere el impulso de otros actores como el sistema operador de los servicios de agua y drenaje, ya que es de su competencia cumplir con el tratamiento de aguas residuales, por lo que la vía para la solución del problema con visión de gestión integrada es realizar acuerdos y establecer negociaciones con los ejidatarios para lograr cumplir con la responsabilidad del tratamiento, pero sin quitarles el agua, ya que esto perpetua los conflictos y la tensión existente entre las entidades.

CAPÍTULO 5

REFLEXIONES FINALES

Al inicio de esta investigación no tenía claridad sobre la mejor estrategia para desarrollarla, independientemente de la situación provocada por la epidemia del SARS CoV 2, que ciertamente dificultó el trabajo de campo para establecer diálogos más cercanos con los ejidatarios, sino que más bien se trata de temas complejos por la cantidad de variables de distintas ramas académicas que confluyen sobre una misma temática, en este caso en la técnica de almacenamiento de los jagüeyes; que una vez iniciando el trabajo de investigación se hizo necesario ir incluyendo más aspectos relativos al sistema en conjunto, que originalmente no se tenían previstos, por lo que hubo que ajustar, quedando los jagüeyes como elementos del sistema, sin embargo, así es el tema del agua en el que convergen distintas perspectivas, por lo mismo, esto no es un producto ni medianamente acabado, sino que se encuentra en desarrollo permanente ante la emergencia de nuevas interrogantes.

Una de estas interrogantes, es la relacionada con el tema de la reglamentación de aguas, para saber cuánto han cambiado los volúmenes disponibles y en consecuencia establecer alguna estrategia, que ya existen muchas, pero hace falta apropiarse de ellas por parte de los usuarios del recurso hídrico; por lo que, vale la pena ahondar más en esta investigación del componente hidrológico para poder determinar los sitios exactos mencionados en los reglamentos y poder realizar las comparativas con suficientes datos para su análisis estadístico correspondiente; para lo cual es necesario realizar más aforos tanto en estiaje como lluvias; sería interesante además encontrar algún estudio de disponibilidad de agua actualizado, siendo esta una carencia actual en la materia.

De igual modo, en el tema de calidad del agua, pudo observarse grandes diferencias entre los jagüeyes que obedecen más que nada a la ubicación de la infraestructura y el riesgo de ser contaminada por las conductas que realizamos como individuos sin considerar que la afectación se revierte hacia nosotros mismos; y a la necesidad de reponer el agua que se ha perdido, aunque esta no sea de la calidad aceptable, para atender la demanda de alimentos y el mantenimiento del sistema productivo tal cual se conoce. Sale a relucir en este punto el tema del saneamiento de las aguas y la responsabilidad de los distintos actores, desde la persona que genera la contaminación, el responsable del sistema municipal de saneamiento, los grupos de interesados en el uso de estas aguas que sin tratamiento previo no son aptas para riego, y la autoridad responsable de realizar la supervisión; todos tenemos un grado de responsabilidad en materia de saneamiento.

Cuando se pondera la cantidad de agua sobre la calidad de la misma, tiene una consecuencia en la calidad y aceptación de los productos cosechados, llevándolos a una inconsciente reducción de metas, puesto que los alcances en cuanto a mercados se reducen, incluso dentro de la misma localidad. Los productos de los agricultores que utilizan las aguas negras no tienen oportunidad de comercialización en el extranjero; incluso en las tiendas departamentales locales, buscan que los productos ofertados sean regados con agua de pozo como garantía de calidad, excluyendo de este modo a la producción de las parcelas que son regadas con aguas negras, aun cuando el jagüey suele mejorar la calidad del agua, no es suficiente esta calidad del agua de salida para satisfacer esta condición.

Entendiendo que un jagüey es una tecnología para el manejo del agua, se puede establecer que su manejo deba realizarse por las instituciones que tienen derechos de uso del sistema de abastecimiento, como son las asociaciones de pequeños productores, grupos de ejidatarios o asociaciones de colonos, y que para que estas perduren a través del tiempo deben cumplir en cierta medida los principios planteados por Ostrom, los casos aquí analizados llevan manejando estas tecnologías para abastecimiento de agua por más de 100 años.

Los pequeños propietarios de La Sabana, al tener una visión de bienes particulares, que no están sujetos al modelo de ejido, sino que se saben dueños de sus terrenos con la libertad de actuar de forma independiente al resto, en beneficio de sus propios intereses, han gestionado exitosamente como recurso de uso común el agua y la infraestructura necesaria para transportarla, almacenarla y distribuirla; mientras que los ejidatarios de Ixtahuixtla sujetos a las reglas del ejido con mecanismos más complejos que interfieren y afectan la forma de relacionarse entre ellos, no tuvieron éxito en la conservación de sus recursos hídricos que se perdieron ante el crecimiento de la mancha urbana, esto tiene relación con lo que observa Álvarez (2017), referente a la escala de las políticas, es decir, en la sociedad de pequeños propietarios de La Sabana, tiene éxito ya que los procesos están claramente definidos, mientras que en los ejidos estas mismas políticas no rinden frutos incidiendo la estructura ejidal de forma negativa en la creación de sus propias reglas para el manejo del agua.

El aspecto social, sin embargo, es pieza clave para lograr el establecimiento de nuevas tecnologías como podrían ser la piscicultura asociada al manejo del jagüey, o la conversión de jagüeyes específicos en humedales para el tratamiento de agua residual, o simplemente el empleo de estas estructuras que se encuentren en desuso como áreas de infiltración de agua de lluvia, previo desazolve y acciones que se requieran, para lograr cualquiera de estas u otras estrategias de innovación, es necesario identificar los patrones de comportamiento que tienen quienes manejan estos recursos, y una vez realizado el entendimiento y generada la confianza se podría estar en condiciones de implementar exitosamente la innovación tecnológica.

Por lo que, el objetivo de este trabajo planteó establecer las relaciones entre los componentes hidrológico, ambiental y social, mediante la estructuración de diagramas con enfoque sistémico, siendo los arquetipos una herramienta que facilito identificar las propuestas de solución sostenibles, que posiblemente se encuentren fuera de lo que se considera innovador, no obstante, es lo que la lógica y el pensamiento estructurado revelan como propuestas que pueden ser sostenibles a través del tiempo puesto que se basan en soluciones resultado del análisis integral del sistema, partiendo para su análisis de las situaciones observadas.

Con la investigación de campo realizada mediante entrevistas, pláticas y mediciones, se describió la situación actual de tres jagüeyes, mientras que, para el análisis como tal se consideró a los jagüeyes un componente del sistema en sí, puesto que no es posible desvincularlo y analizarlo por separado, ya que se omitirían relaciones importantes como el aspecto social, que finalmente las decisiones organizacionales tomadas, así como la relación entre instituciones inciden en los aspectos hidrológicos y de calidad del agua.

Nuestra labor como profesionistas en la gestión integrada de los recursos hídricos tiene que ver con distintos aspectos en los que posiblemente no seamos los mejor capacitados, sin embargo, lo que debemos mantener es la visión de interrelación entre los distintos componentes como pueden

ser factores sociales, hidrológicos, ambientales, de salud, etc., desde una visión de cuenca, en la que seguramente cualquier cambio afectará negativa o positivamente a unos u otros, por lo que, en las acciones que propongamos o defendamos, no debemos perder de vista el equilibrio entre estos componentes y tratar de llegar a una situación favorable para todos.

REFERENCIAS

- Álvarez, I. L. P. (2017). *La gobernanza de la biodiversidad el uso y la conservación de los recursos naturales en propiedades colectivas en México*. Universidad Pública de Navarra.
- Austria, M. P. F. (2017, 2 octubre). Sistema de asignaciones, concesiones y política hídrica en México. Efectos en el derecho humano al agua | *Tecnología y ciencias del agua*.
<http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1372>
- Braun, W. The Systems Archetypes. Copyright © 2002 by William Braun (2002.02.27) [en línea]. Recuperado de: [Recuperado de: https://goo.gl/v8DBwA](https://goo.gl/v8DBwA)
- Caballero, G. & Garza-Gil, M. (2011). La nueva economía institucional y la economía de los recursos naturales: comunes, instituciones, gobernanza y cambio institucional. *Economía Agraria y Recursos Naturales*. 10. 10.7201/earn.2010.02.04.
- Cabrera D., Colosi L. y Lobdell C. (2008). Systems thinking . Evaluation and Program planning. *Elsevier*. 31: pp. 299-310. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2007.12.001>
- Cárdenas, J. C. (2008). *Dilemas de lo colectivo. Instituciones, pobreza y cooperación en el manejo local de los recursos de uso común*. Bogotá: Universidad de los Andes-Centro de Economía.
- Castañeda, R., (2005). *Las Aguas de Atlixco. Estado, haciendas, fábricas y pueblos, 1880-1920*. Biblioteca del agua CIESAS 2005.
- C., L. G. F. (2015, 14 abril). La tragedia del terreno común, un arquetipo sistémico ilustrado a través del uso de la tierra en actividades agropecuarias. *Revista Heurística*, 147.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/8359>
- Colpos. (2017). *Diseño y construcción de jagüeyes*. SAGARPA.
https://0201.nccdn.net/1_2/000/000/170/8fa/Dise--o-y-Construcci--n-de-Jagueyes.pdf
- Estrada, A. (2012). Apuntes para pensar la transferencia y apropiación de tecnología de agua en comunidades campesinas de los Altos de Morelos. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades SOCIOTAM*, XII(2), 25-51. Recuperado de
<https://www.redalyc.org/pdf/654/65429255003.pdf>
- Galindo, E., Palerm, J., Tovar, J.L. y Rodarte, R. (2008). Organización social en la gestión de una fuente de agua: los jagüeyes. *Agrociencia*, 42(2), 233-242.
- Guzmán, M., y Hernández, G. (2018). Xagüeyes como técnica vernácula, y la organización tradicional: paisajes de Morelos a lo largo del tiempo. *V Congreso de la Red-ISSA, sede El Colegio de San Luis, SLP*.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243–1248.
<https://doi.org/10.1126/science.162.3859.1243>

- IMTA. (1992). *Manual de aforos*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Liévano M. F., & Enrique L. J. (2013). El pensamiento sistémico como herramienta metodológica para la resolución de problemas. *Revista Soluciones De Postgrado*, 4(8), 43–65. Recuperado a partir de <https://revistas.eia.edu.co/index.php/SDP/article/view/354>
- Martínez, N. y Espejel, I.. (2015). *La investigación de la gobernanza en México y su aplicabilidad ambiental*. *Revista Economía, Sociedad y Territorio*, 15(47), 153-183.
- Marín Aranguren, M. (2010). *La sociedad civil global en la gobernanza ambiental del sector agua en el mundo*. OASIS, (15), 53-73.
- Merino, P. L. (2014, septiembre). Perspectivas sobre la gobernanza de los bienes y la ciudadanía en la obra de Elinor Ostrom. *Revista Mexicana de Sociología*, 76(Especial), 77–104.
- Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ostrom, E. (2014). Más allá de los mercados y los Estados: gobernanza policéntrica de sistemas económicos complejos. *Revista mexicana de sociología*, 76(spe), 15-70. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032014000600002&lng=es&tlng=es
- Poteete, A. R., Ostrom, E., & Janssen, M. A. (2012). *Trabajar Juntos Acción colectiva, bienes comunes y múltiples métodos en la práctica* (Primera edición). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Paramio, Ludolfo (2005). Teorías de la decisión racional y de la acción colectiva. *Sociológica*, 20 (57), 13-34. [Fecha de consulta 30 de mayo de 2021]. ISSN: 0187-0173. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305024871002>
- Paredes, M. C. S. (1991). *La región de Atlixco, Huaquechula y Tochimilco. La sociedad y su agricultura en el siglo XVI*. Fondo de Cultura Económica.
- Rodríguez-Becerra, M. y Espinoza, G. (2002). *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe Evolución, tendencias y principales prácticas*. Banco Interamericano de Desarrollo, División de Medio Ambiente.
- SEMARNAT. (2019). *Indicadores de calidad del agua*. Gerencia de Calidad del Agua. http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AGUA05_01%26IBIC_user=dgeia_mce%26IBIC_pass=dgeia_mce#:~:text=Indicadores%20de%20calidad%20del%20agua&text=Este%20sistema%20se%20denomin%C3%B3%20C3%8Dndice,un%20porcentaje%20de%20agua%20pura.
- Senge, P. M. (2010). *La quinta disciplina: El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje* (2° ed. 10a. reimp.). Ediciones Granica, Buenos Aires.

- Solís, G. C., Solís, M. J., Montero, L. V., Castillo, R. J., Mayorga, R. R., Arriaga, G. L., & Vicente, A. J. R. (2008). *Balance hidrológico en la cuenca de Atlixco para la evaluación de los servicios ambientales hidrológicos*. Ingeniería de Innovación Integral.
- Trujillo, C. M. P. (2016). *Recursos naturales de uso común: aproximaciones teóricas para su análisis*. Mundo Amazónico. <https://revistas.unal.edu.co>
- Urquiza, A., Amigo, C., Billi, M., Cortés, J., & Labraña, J. (2019). Gobernanza policéntrica y problemas ambientales en el siglo XXI: desafíos de coordinación social para la distribución de recursos hídricos en Chile. *Persona y Sociedad*, 33(1), 133,160. <https://doi.org/10.11565/pys.v33i1.258>
- Viqueira, J. P., del Agua, A. H., & Archivo Histórico del Agua (Mexico). (2004). *Catálogo de reglamentos de agua en México siglo XX* (2017.^a ed.). CIESAS.

ANEXO 1. Guía de entrevista para los usuarios de jagüey

Objetivo: Conocer la organización alrededor de los Jagüeyes

1. **Nombre de la organización que maneja el Jagüey** como infraestructura importante para el desarrollo de su labor.

2. **Datos del entrevistado o entrevistada**

- Dígame por favor su nombre, tiene o tuvo algún cargo en el manejo del jagüey, si es así cual es el nombre de la organización a la que pertenece ¿En qué consiste su cargo? ¿Qué actividades realiza?

3. **Historia y descripción de la organización**

- Me puede platicar un poco sobre la historia de la organización ¿Cómo se formó, desde hace cuánto tiempo? ¿Qué actividad lleva a cabo?
- ¿Sabe quiénes construyeron el Jagüey de San Agustín Ixtahuixtla? ¿Qué significa para su organización el Jagüey?
- ¿Cuántas personas integran la organización y qué cargos tienen? ¿Cómo se nombra a los representantes? ¿Cualquier persona puede participar en el comité y ocupar algún cargo? ¿Usted y los miembros de su organización reciben un pago o son cargos honorarios?
- ¿Quiénes establecen las reglas en la organización? ¿Quiénes supervisan? Si no se cumplen las reglas en la organización ¿Hay algún tipo de sanción? ¿Considera que las sanciones son justas?
- Existe algún tipo de conflicto en la organización ¿Cómo le hacen para resolverlo? *Esto puede surgir en la plática, si es algo que está en ese momento, solo hay que dejar que se exprese*
- ¿Considera que su organización es reconocida por las autoridades sean locales, estatales o federales?

4. **Descripción de la infraestructura (Jagüey) y el sistema de riego**

- ¿De dónde se abastecen de agua para el riego de sus cultivos (pozos, manantiales, río) y cuántos tienen?
- ¿Cómo cuidan sus fuentes de agua? ¿Tienen restricciones sobre su uso?
- ¿Conoce su capacidad (m³, L/s) y su profundidad (en caso de pozos)?
- ¿Se han mantenido sus fuentes de agua?, ¿Han aumentado o disminuido?
- ¿Cuentan con concesión o asignación y quién se las otorga?
- ¿Con qué infraestructura se cuenta para la captación y el almacenamiento del agua, además del Jagüey, y cuál es su capacidad?
- ¿Cómo distribuyen el agua? ¿Llevan a cabo mantenimiento? ¿En qué consiste y quién lo realiza?
- ¿Conocen a todas las familias con derechos y sus dotaciones de agua?
- ¿Comparten fuentes de agua o infraestructura con otra comunidad? En caso de hacerlo, ¿Cómo es la relación con la otra comunidad?

5. Problemas

- ¿Cuáles serían los principales problemas que tienen en el acceso, distribución y almacenamiento del agua?
- ¿En su opinión considera que la calidad del agua representa algún problema para sus cultivos?, sí o no y que tipo de problema?
- ¿Se han presentado problemas de contaminación de aguas?,
- ¿Conoce qué contaminantes afectan sus fuentes y por qué motivo? ¿Qué medidas toman?