



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL SOSTENIBLE EN LAS ZONAS ATENDIDAS POR ASADAS EN EL CANTÓN CENTRAL.

Serie de documentos de divulgación ambiental del proyecto:

“PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE
SANEAMIENTO AMBIENTAL EN LAS ASADAS DE LA PROVINCIA DE CARTAGO,
CON UN ENFOQUE DE PREVENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO”

EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL SOSTENIBLE EN LAS ZONAS ATENDIDAS POR ASADAs EN EL CANTÓN CENTRAL

Serie de documentos divulgación ambiental del proyecto:

**“PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SANEAMIENTO
AMBIENTAL EN LAS ASADAs DE LA PROVINCIA DE CARTAGO, CON UN ENFOQUE DE
PREVENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO”**

Documento N° DARS-001

Noviembre, 2016

Gaviria-Montoya L; Pino-Gómez M, Soto-Córdoba S.

Evaluación del saneamiento ambiental sostenible en las zonas atendidas por ASADAs en el cantón Central.

Número de páginas: 54

ISBN: 978-9968-641-88-3
978-9968-641-89-0 PDF

Serie de documentos de divulgación ambiental N° DARS-005

El presente material ha sido elaborado en el marco del proyecto de investigación “**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES DE SANEAMIENTO AMBIENTAL EN LAS ASADAs DE LA PROVINCIA DE CARTAGO, CON UN ENFOQUE DE PREVENCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**” código 1460-038 Auspiciado por la Vicerrectoría de Investigación del ITCR en colaboración con el Ministerio de Salud, Regional Este.

Para citar el documento:

Gaviria-Montoya L; Pino-Gómez M, Soto-Córdoba S. (2016). EVALUACIÓN DEL SANEAMIENTO AMBIENTAL SOSTENIBLE EN LAS ZONAS ATENDIDAS POR ASADAs EN EL CANTÓN CENTRAL. Cartago.

Palabras claves:

ASADA, agua potable, agua residual, residuos sólidos, sostenibilidad, saneamiento

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo logístico, informativo y de coordinación del Ministerio Salud Región Central Este en especial a las direcciones de las áreas rectoras de: El Guarco, Sra. Glorinabella Sancho Rodríguez; Oreamuno, Sr. Walter Astorga; Paraíso. Sr. Carlos Granados Siles y Sr. Anselmo Cordero Céspedes y Turrialba, Sra. María José LaFuente González.

Un agradecimiento especial a las Ingenieras Ambientales Ericka Calderón Vargas y Laura Ureña Vargas, en las labores de captura de información, edición, visitas y coordinación de actividades.

Finalmente, agradecemos a las ASADAs de Cartago:

Quebradilla

Cooperosales

Reseña de los autores

Lilliana Gaviria Montoya

Profesora –Investigadora del Centro de Investigación en Protección Ambiental.

Ingeniera Química, Especialista en Ingeniería Sanitaria.

Profesora Catedrática del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

<https://scholar.google.com/citations?user=a9IcusIAAAAJ&hl=es>

Macario Pino Gómez

Profesor-Investigador del Centro de Investigación en Protección Ambiental.

Ingeniero Sanitario, Universidad de Antioquia, Colombia.

Trabajo en la gobernación de Antioquia como asesor de Municipalidades en el sector agua potable y saneamiento.

Evaluador de proyectos de Fundecooperación Costa Rica.

Actualmente es Profesor Instructor de la carrera de Ingeniería Ambiental en donde imparte los cursos de Diseño de sistemas de tratamiento de agua potable y gestión de residuos sólidos, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Silvia Soto Córdoba

Profesora-Investigadora del Centro de Investigación en Protección Ambiental.

Dra. Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile.

Profesora Catedrática del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

<https://scholar.google.com/citations?user=dPFo9UoAAAAJ&hl=es>

Contenido

1. Introducción	9
2. Marco Referencial	10
3. Área de Estudio	11
3.1 Amenazas Hidrometeorológicas del Cantón Central	13
4. Metodología	15
4.1 Metodología Agua Potable	15
4.1.1 Presentación general	15
4.1.2 Herramientas de apoyo al levantamiento de datos	16
4.1.3 Descripción de las herramientas	16
4.1.4 Procesamiento de la información	18
4.2 Metodología de Aguas Residuales y Residuos Sólidos.....	18
5. Resultados	21
5.1 características generales de los sistemas de abasto de agua.....	21
5.1.1 Abonados, y fuentes de abasto por sistema	21
5.1.2 Captaciones.....	22
5.1.3 Tanques de almacenamiento por sistema.....	23
5.1.4 Sistemas de desinfección	25
5.1.4 DIAGNÓSTICO DE LOS NIVELES DE RIESGO.....	26
5.1.5 Resumen de los resultados de agua potable.....	33
5.1.6 Mapa de riesgos	37
5.2 Principales resultados de la encuesta sobre saneamiento ambiental	38
5.2.1 Tema: Información general.....	38
5.2.2 Tema: Residuos Sólidos.....	39
5.2.3 Tema: Aguas residuales	39
5.2.4 Tema: Agua Potable	40
5.2.5 Tema: Compromiso social en actividades de índole ambiental.....	41
6. Conclusiones y recomendaciones	42
6.1 Agua Potable	42
6.2 Recomendaciones Generales	43
7. Referencias bibliográficas	45
8. Apéndices	46
8.1 Encuesta a usuarios de ASADAs en la Provincia de Cartago.....	46
8.2 Códigos empleados en las encuestas.....	49
8.3 Guía para la realización de aforos	51
8.4 Formato para el registro de los aforos.....	52
8.5 Formato para el registro de mediciones de cloro residual.....	53

Lista de Figuras

Figura 3.1.	Mapa político del Cantón Central, Cartago.	11
Figura 3.2.	Ubicación de los acueductos evaluados Cantón Central.	15
Figura 4.1.	Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 1, Turrialba, Costa Rica.	19
Figura 4.2.	Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 2, Turrialba, Costa Rica.	20
Figura 4.3.	Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 3, Cartago, Costa Rica.	20
Figura 5.1.	Cantidad de abonados, número y tipo de fuentes de abasto por ASADA – Central.	22
Figura 5.2.	Ejemplos de tipo de captaciones de nacientes.	22
Figura 5.3	Tipo de nacientes en funcionamiento por cada acueducto – Central.	23
Figura 5.6.	Ejemplo de tipos de tanques de almacenamiento.	23
Figura 5.7.	Número y tipo de construcción de los tanques de almacenamiento por acueducto – Central – Evaluados en los años 2014 – 2016.	24
Figura 5.8	Material de los tanques de almacenamiento en funcionamiento por acueducto – Central.	25
Figura 5.9	Tipo de desinfección empleada por cada acueducto – Central.	26
Figura 5.8.	Riesgo SERSA para las captaciones tipo naciente acueductos – Central.	27
Figura 5.9.	Diferentes captaciones tipo naciente presentes en los acueductos evaluados – Central.	28
Figura 5.10.	Riesgo SERSA para los tanques de almacenamiento de los acueductos – Central.	29
Figura 5.11.	Diferentes tanques presentes en los acueductos evaluados Cantón Central.	30
Figura 5.12.	Riesgo SERSA en los sistemas de cloración en los acueductos evaluados – Central.	31
Figura 5.13.	Diferentes sistemas de desinfección presentes en los acueductos evaluados Cantón Central.	33
Figura 5.14.	Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de Cooperosales.	37
Figura 5.2.	Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de Quebradilla.	38
Figura 5.32.	Análisis causa - efecto del sistema de agua potable de las ASADAs de la Provincia de Cartago.	41

Lista de Cuadros

Cuadro 3.1.	Información general de los distritos.	12
Cuadro 3.2.	Información de las organizaciones que administran el Sector de Agua Potable y Saneamiento –SAPS Cantón Central.	14
Cuadro 4.1.	Clasificación de riesgo y código de colores para aplicar la Metodología Estandarizada SERSA.....	17
Cuadro 4.2.	Número de encuestas aplicadas según cantón.	21
Cuadro 5.1.	Evaluación de factores de riesgo identificados en captaciones tipo nacientes.....	27
Cuadro 5.2.	Evaluación de factores de riesgo identificados en tanques.....	29
Cuadro 5.3.	Evaluación de factores de riesgo identificados en la desinfección.....	32
Cuadro 5.4.	Riesgos de las estructuras de los acueductos evaluados.	34
Cuadro 5.5.	Resumen del registro de los aforos en las fuentes de agua tanto de la oferta como lo captado por cada fuente y acueducto.	35
Cuadro 5.6.	Resumen de los de los datos relevantes de los tanques de almacenamiento de cada acueducto.....	36
Cuadro 5.7.	Resumen del sistema de desinfección de acueductos.....	36
Cuadro 5.8.	Nivel de escolaridad determinado entre las personas encuestadas.....	39
Cuadro 5.9.	Habitantes por vivienda encuestada.....	39
Cuadro 5.10.	Sitios de acopio de materiales valorizables en la provincia de Cartago.	39
Cuadro 5.11.	Sistemas de tratamiento de aguas negras.....	40
Cuadro 5.12.	Escala de las tarifas que pagan los usuarios por el servicio del acueducto ASADAs Provincia de Cartago.	40
Cuadro 5.13.	Grado de satisfacción de la comunidad a la calidad del agua que suministran las ASADAs.....	40

Lista de Siglas y Acrónimos

APPCC	Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
ASADA	Asociación Administradora de Acueductos Rurales
CINARA	Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico
ENOS	El Niño Oscilación Sur
ICAA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
MS	Ministerio de Salud de Costa Rica
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PNUMA	Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PSA	Planes de Seguridad del Agua
SAA	Sistemas de Acueducto y Alcantarillado
SAAP	Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable
SAPS	Sector de Agua Potable y Saneamiento
SERSA	Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud
SICA	Sistema de la Integración Centroamericana

1. Introducción

En varias regiones de Costa Rica, ya se registran condiciones de escasez de agua, las cuales irán en aumento por el efecto del crecimiento poblacional, más aún, si se suma el efecto de la variación del clima el panorama es desalentador.

De acuerdo al IPCC (2008) se espera:

-Afectación del ciclo hidrológico: mayor variabilidad espacial y temporal en la precipitación, según muestran los modelos climatológicos para Costa Rica.

-Afectación de la producción agrícola, hidroeléctrica y la provisión de agua potable.

-Aumento en la frecuencia de las inundaciones y sequías. Esto afectará la calidad del agua y exacerbará muchas formas de contaminación del agua (sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto).

-Modificación en los patrones de cantidad y la calidad del agua debidos al cambio climático, los cuales afectarán la disponibilidad, estabilidad, acceso y utilización de la comida. Esto aumentará la vulnerabilidad de las familias más pobres, y reducirá la seguridad alimentaria.

-El cambio climático afectará la operación de la infraestructura existente para el aprovechamiento de los recursos hídricos (represas para la generación hidroeléctrica, sistemas de riego y drenaje). Plantea un reto al supuesto tradicional de que la hidrología pasada brinda una buena guía para condiciones futuras

El acceso del recurso hídrico debe hacerse en forma integral, considerando la participación activa de todos los sectores, tanto institucionales, políticos, privados, ONGs, universidades, ASADAs y demás. Para esto es necesario mejorar las capacidades de la población y especialmente de los grupos vulnerables, ya que no todos están igualmente preparados para adaptarse al cambio climático.

Por esto es necesario contar con estudios específicos destinados a la detección del riesgo del sector, con el fin de planificar adecuadamente las acciones a seguir, de forma que puedan identificarse los beneficios económicos, técnicos, ecológicos y sociales que se deriven de establecer líneas y acciones de adaptación que garanticen la calidad de vida de la población.

En esta serie de documentos informativos pretendemos establecer una línea base para comprender el estado actual de las ASADAs, y las condiciones de saneamiento ambiental en sus comunidades. Para esto hemos analizado las ASADAs de Quebradilla y Cooperosales.

2. Marco Referencial

El concepto de sostenibilidad se ha convertido en el punto de partida obligado para cualquier discusión relacionada con el manejo y la gestión de los recursos naturales. La búsqueda de soluciones sostenibles ha llevado al sector de abastecimiento de agua y saneamiento ambiental a comprender que los problemas del sector no son solamente de orden tecnológico, sino que deben ser afrontados desde una visión integral, es decir, tener bien claro lo referente a los aspectos de orden institucional, así como lo administrativo, financiero, económico, comercial, social y de planificación.

Los problemas relacionados con el agua en Latinoamérica, se agrupan en cuatro parámetros:

- Cobertura: el servicio de agua potable no es accesible al mayor número de usuarios.
- Cantidad: el recurso hídrico no es suficiente.
- Continuidad: el servicio de suministro de agua no se encuentra siempre disponible.
- Calidad: el agua no siempre es apta para el consumo humano.

En general un sistema sostenible es aquel que tiene la capacidad de desempeñar sus funciones a un nivel aceptable y por un período indefinido de tiempo utilizando solo los insumos especificados en el diseño del sistema. También se puede definir como la capacidad de un sistema de desempeñar sus funciones a un nivel aceptable y brindar los beneficios esperados durante toda su vida proyectada, utilizando el mínimo de recursos, incluso ambientales. En particular, un sistema de agua y saneamiento es sostenible cuando a lo largo de su vida proyectada suministra el nivel deseado de servicio, con criterios de calidad y eficiencia económica, social y ambiental, el cual debe ser financiado o cofinanciado por sus usuarios, y que es usado de manera eficiente sin que cause un efecto negativo al ambiente (Osorio & Espinosa, s.f.).

Considerando que la definición de sostenibilidad implica un encuentro entre las estructuras política, socioeconómica, legal e institucional, el Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico Cinara - Universidad del Valle Cali - Colombia, con base en su experiencia de trabajo en abastecimiento de agua y saneamiento, ha propuesto un marco conceptual para la sostenibilidad, el cual considera tres dimensiones: comunidad e instituciones locales, ambiente y recursos locales y un tercero ciencia y tecnología, estas dimensiones al interceptarse generan aspectos importantes y decisivos para la sostenibilidad (Gandini, Pérez, & Madera, 2005).

La sostenibilidad de los proyectos rurales de agua potable y saneamiento y de los beneficios que estos aportan a las comunidades, es un tema que preocupa desde hace mucho tiempo a las personas que trabajan en el sector. Aunque no hay muchas referencias bibliográficas sobre la cobertura sostenible, algunos cálculos aproximados indican que en un momento dado, del 30 al 40 por ciento de los sistemas rurales de agua potable en los países en desarrollo pueden ser inoperantes (Lockwood, 2002).

En el sector de agua potable, los conceptos convencionales de sostenibilidad se han centrado principalmente en los aspectos técnicos y financieros y, más recientemente, en la capacidad de largo plazo de las estructuras de gestión comunitaria. Se ha hecho menos énfasis en la necesidad de mantener los beneficios de salud y ambientales de los proyectos (Lockwood, 2002).

Para fortalecer los sistemas de abastecimiento de agua, se busca a través de la implementación de herramientas como SERSA - MINSALUD, con el fin de establecer el nivel de riesgo de las diferentes estructuras que componen un acueducto, de tal forma que el diagnóstico e identificación de los mismos, permitan dirigir y apoyar las acciones, para la superación de las deficiencias y priorizar mecanismos de intervención a seguir en el contexto local por la instancia de administrar y operar el acueducto, en nuestro caso Asociaciones Administradoras de Acueductos Rurales –ASADAs, para el Cantón Central.

El agua es uno de los recursos más importantes para los países del Sistema de la Integración Centroamericana -SICA. La población, la salud, la competitividad de la agricultura, la seguridad alimentaria, la generación de energía hidroeléctrica, obtención de agro energía, el transporte acuático y el mantenimiento básico de la biodiversidad, entre otros, dependen del recurso hídrico (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) & Sistema de Integración Centroamericana (SICA), 2010).

Los recursos hídricos son muy vulnerables a la variabilidad y el cambio climático. La falta del recurso o el exceso de este podrían originar inestabilidad social e incremento de la vulnerabilidad de la población, infraestructura, actividades económicas estratégicas para el desarrollo e incremento de la ocurrencia de conflictos alrededor del recurso hídrico, a lo interno de los países y a nivel internacional.

En América Central y la región del Caribe han ocurrido unos seis (6) episodios de sequías, incluyendo los eventos de El Niño Oscilación Sur (ENOS), y al menos 10 huracanes de una intensidad suficiente para ocasionar pérdidas significativas en vidas humanas y varios sectores de la economía. Las proyecciones de variabilidad y cambio climático realizadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) & PNUMA (2007), y aquellas proyecciones en las Comunicaciones Nacionales de los países, indican que la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos aumentará. Entonces, se podría esperar que, en los próximos 20 años, al menos, ocurran entre 3 y 5 eventos de sequía, y un número de tormentas tropicales, al menos, similares a las ocurridas en los últimos 20 años.

3. Área de Estudio

El cantón Central es el cantón número 1 de la Provincia de Cartago, Costa Rica, su cabecera es Cartago. Al Norte limita con los cantones de Goicoechea y Vásquez de Coronado; al Sur con los cantones de Desamparados y El Guarco; al Este con los cantones de Oreamuno y Paraíso y al Oeste con los cantones de Montes de Oca, La Unión y Desamparados (Figura 3.1).

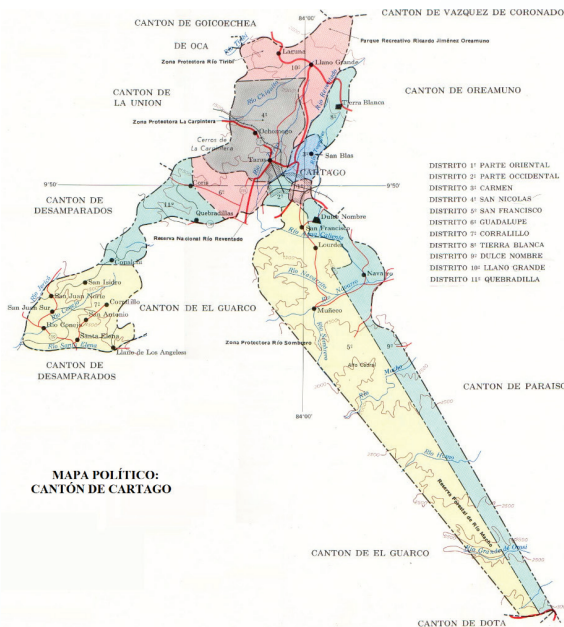


Figura 3.1. Mapa político del Cantón Central, Cartago.

Fuente: (Instituto Geográfico Nacional, s.f.)

Para el Cantón Central las coordenadas geográficas medias están dadas por 09°51'09" latitud Norte y 83°55'26" longitud Oeste, el cantón consta de cuatro distritos, los cuales se describen en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Información general de los distritos.

Distrito	Altura ¹ (msnm)	Área (Km ²) ²	Población (2011) ³	Barrios/ Poblados ¹
Oriental	1 435	2,39	12 414	Ángeles, Asís, Brisas, Calvario, Cerrillos, Corazón de Jesús, Cortinas, Cruz de Caravaca (parte), Estadio, Galera, Hospital (parte), Istarú, Jesús, Jiménez (parte), Matamoros, Puebla, Soledad, Telles
Occidental	ND	1,99	10 777	Cinco Esquinas, Fátima, Hospital (parte), Jesús Jiménez (parte), Laborio, Molino, Murillo, Palmas, San Cayetano
Carmen	1 515	4,22	18 044	Andes, Asilo, Cruz de Caravaca (parte), Diques, Fontana, Jora, López, San Blas, Santa Eduvigis, Santa Fe, Solano, Turbina
San Nicolás	1 445	28,23	27 042	Alto de Ochomogo, Caracol, Cooperrosales, Cruz, Espinal, Johnson, Lima, Loyola, Nazareth, Ochomogo, Orontes, Pedregal, Quircot, Ronda, Rosas, San Nicolás, Violín
Aguacaliente o San Francisco	1 330	104,15	32 938	Cocorí, Coronado, Guayabal (parte), Hervidero, López, Lourdes, Padua, Pitahaya
Guadalupe o Arenilla	1 400	13,24	15 180	Américas, Higuerón, Joya, Marías, Palmar
Corralillo	1 665	33,09	11 134	Alumbre, Bajo Amador, Calle Valverdes, Hortensia, Lomalaruga, Llano Ángeles, Palangana, Rincón de Abarca, Río Conejo, Salitrillo, San Antonio, San Juan Norte, San Juan Sur, Santa Elena (parte), Santa Elena Arriba
Tierra Blanca	2 080	12,97	5 292	Cuesta de Piedra, Misión Norte, Misión Sur, Ortiga, Sabanilla, Sabanillas, Santísima Trinidad
Dulce Nombre	1 340	39,15	11 058	Cóncavas, Navarro, Perla, Río Claro
Llano Grande	2 270	29,81	4 536	Avance, Barquero, Cañada, Laguna, Pénjamo, Rodeo
Quebradilla	1 410	18,71	5 591	

ND: No disponible

Fuente:¹(Costa Rica Poder Ejecutivo, 2009), ²(Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica & PNUMA, 2009) , ³(INEC, 2012)

3.1 Amenazas Hidrometeorológicas del Cantón Central

El Cantón Central posee una red fluvial bien definida, la misma cuenta con un grupo de ríos y quebradas que se pueden considerar el punto focal de las amenazas hidrometeorológicas del cantón, dicha red de drenaje está compuesta principalmente por los ríos Reventado, Macho, Purires, Navarro, Aguacaliente y Toyogres. Algunos ríos y quebradas, han disminuido el período de recurrencia de inundaciones a un año, y algunos a períodos menores, lo anterior por causa de la ocupación de las planicies de inundación, el desarrollo urbano en forma desordenada y sin ninguna planificación, y al margen de las leyes de desarrollo urbano y forestal. Así mismo la cantidad de residuos sólidos y aguas residuales grises/jabonosos lanzados a los cauces de los mismos, redundando esto y lo anterior en la reducción de la capacidad de la sección hidráulica, lo que provoca el desbordamiento de ríos y quebradas. Situación que se ha generado por los serios problemas de construcción de viviendas cercanas a los ríos y quebradas del Cantón Central¹.

Según el Informe de la auditoría de carácter especial sobre la razonabilidad del control ejercido por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados sobre la gestión de las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunales - Informe Nro. DFOE-AE-IF-07-2013 de 30 de agosto, 2013 – División de Fiscalización Operativa y Evaluativa Área de Servicios Ambientales y de Energía de la Contraloría de la República de Costa Rica (Contraloría General de la República de Costa Rica, 2013), la situación del sector agua potable y saneamiento de los sistemas de abasto de agua que las ASADAs, como entes administradores de acueductos comunales ubicados en las zonas rurales de los diferentes cantones le ofrecen los servicios de agua potable y saneamiento a sus respectivas comunidades:

“...presentan debilidades en la función rectora del AyA sobre los entes operadores comunales, debido a la insuficiente fiscalización, asesoría y capacitación que les brinda. Únicamente el 10% del total de 1490 entes operadores han sido sujetos de evaluación mediante el “Instrumento de Caracterización de ASADAS”, el cual, permite definir el nivel de madurez del ente operador según categorías y seguidamente ajustar los requerimientos de asesoría y capacitación a las necesidades específicas de los operadores.

Por otra parte, se determinaron incongruencias en la conformación del sector de acueductos comunales, dado que existen 576 entes operadores en condiciones económicas que no permiten un enfoque empresarial ni su sostenibilidad; además, se reportan 748 entes operadores cuya tarifa no es la establecida por la ARESEP, en su mayoría cobran tarifas inferiores. Asimismo, se determinó la existencia de 565 entes operadores bajo figuras que no se encuentran vigentes en el ordenamiento jurídico, de ellos 277 corresponden a ASADAS sin convenio de delegación suscrito con el AyA, 259 a Comités Administradores de Acueductos Rurales, 16 se reportan en categoría “por definir” y 13 a asociaciones de distinta naturaleza.

También, se registran cooperativas prestadoras del servicio de agua, principalmente en la región Huetar Norte. Además, el AyA señala la existencia de acueductos dados en delegación dentro del Área Metropolitana, lo cual no es posible, según la Ley Constitutiva del AyA.

El AyA no ha definido los criterios de conveniencia, prioridad y viabilidad establecidos en su normativa, para desarrollar nuevos acueductos comunales mediante el Programa de Suministro de Agua Potable para Comunidades Rurales, financiado por el Fondo de Desarrollo Social y Asignaciones Familiares. Además, no existe priorización para el desarrollo de estos acueductos, lo cual, según indica el AyA, permite encontrar casos de comunidades prioritarias que no se atienden con antelación a otras.....” (Contraloría General de la República de Costa Rica, 2013).¹

1 Amenazas Hidrometeorológicas del Cantón Central. <http://www.cne.go.cr/Atlas%20de%20Amenazas/CARTAGO1.htm>

En el Cuadro 3.2, se presenta por distrito los sistemas de acueducto y las ASADAs respectivas que operan y administran estos acueductos con sus respectivos abonados y habitantes que son atendidos por cada ASADA, además se reporta la condición si hay desinfección y tipo o sistema de cloración aplicado.

Cuadro 3.2. Información de las organizaciones que administran el Sector de Agua Potable y Saneamiento –SAPS Cantón Central.

Distrito	Nombre del ente operador y administrador del acueducto	N° de Abonados	N° de Habitantes	¿Posee Desinfección?
Corralillo	San Joaquín	ND	ND	No
Corralillo	San Antonio	ND	ND	Si
Corralillo	Llano los Ángeles	ND	ND	No
Corralillo	San Juan Sur	ND	ND	No
Corralillo	Corralillo	ND	ND	No
Tierra Blanca	Tierra Blanca	ND	ND	No
Llano Grande	Llano Grande	ND	ND	No
Quebradilla	Quebradilla	1000	4380	Si
Quebradilla	Bermejo	ND	ND	No
Quebradilla	Alto Coris	ND	ND	No
Quebradilla	Copalchi	ND	ND	No
Corralillo	Calle Valverde	ND	ND	No
San Nicolás	San Nicolás y Cooperosales	140	613	Si
Corralillo	Santa Elena	ND	ND	No
San Nicolás	Empalado y Angelina	ND	ND	No
Corralillo	La Guaria	ND	ND	No
Corralillo	Río Conejo	ND	ND	No
Aguacaliente o San Francisco	Residencial El Molino	ND	ND	No
Quebradilla	Coris	ND	ND	No
San Nicolás	Cerro	ND	ND	No

ND: No disponible

Fuente: Información recolectada por el grupo investigador mediante consultas a las ASADAs

En el presente proyecto se realizó la evaluación de los riesgos de las estructuras hidráulicas que componen un acueducto. El citado trabajo se ejecutó en las ASADAs de: Quebradilla y Cooperosales. En Figura 3.2, se observa la ubicación de las ASADAs evaluadas en el Cantón Central.

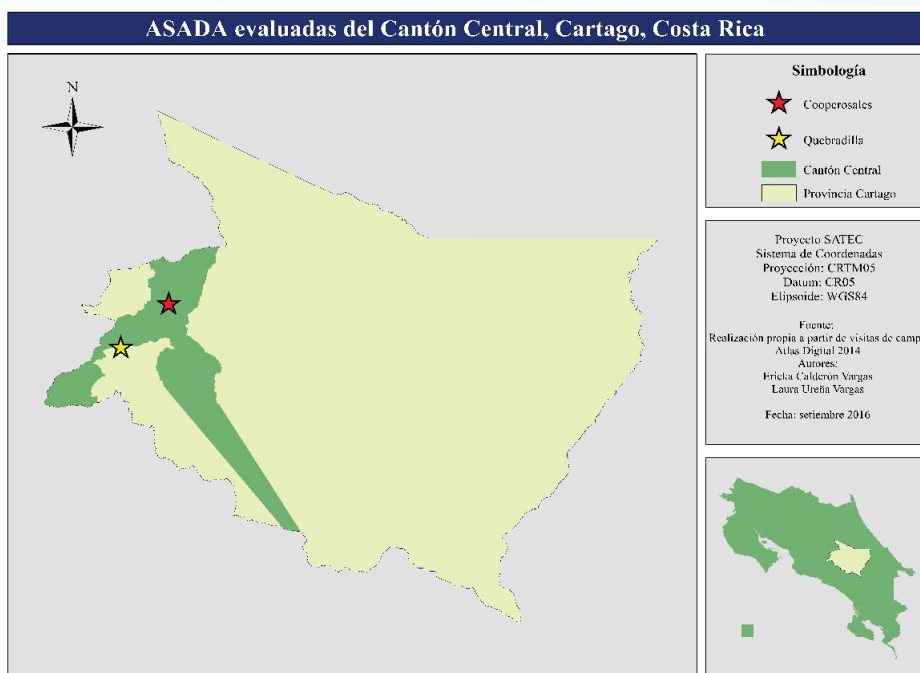


Figura 3.2. Ubicación de los acueductos evaluados Cantón Central.
Fuente: Realización propia a partir de visitas de campo y el Atlas Digital 2014.

4. Metodología

4.1 Metodología Agua Potable

4.4.1 Presentación general

En los últimos años, las metodologías de diagnóstico utilizadas en proyectos de agua potable y saneamiento para países en desarrollo han sufrido diversos cambios, principalmente para superar los límites que impiden lograr la sostenibilidad de las infraestructuras de agua potable y saneamiento, lo que se busca es una apropiación comunitaria, la cual fortalezca la sostenibilidad de los sistemas en el tiempo. Por ello para focalizar los esfuerzos es necesario realizar diagnósticos participativos que permitan identificar de forma conjunta no sólo la problemática sino también las fortalezas y mecanismos de acción, tanto en términos materiales, como también sociales y organizacionales e institucionales.

En este sentido el diagnóstico es un medio, no es un fin, por eso no hay que convertirlo en el objetivo sofisticado y complejo, es más bien un proceso enteramente participativo, que se convierta en el primer paso, en la construcción colectiva de propuestas de la gestión en espacios participativos para aportar insumos en la toma de decisiones de forma colectiva.

Las metodologías participativas buscan garantizar el éxito de un proyecto o intervención y de manera complementaria, desarrollar a la comunidad. *“El aprendizaje participativo se centra en la filosofía que la gente no puede ser desarrollada, sino desarrollarse a sí mismo con sus propias acciones. En este sentido, el aprendizaje participativo también se enfoca en el desarrollo de las capacidades humanas para evaluar, crear, elegir, planear y organizar iniciativas”* (Silva Rodríguez De San Miguel, 2014).

4.1.2 Herramientas de apoyo al levantamiento de datos

Tanto el Ministerio de Salud –MS- como el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados –ICAA-, han desarrollado herramientas para el levantamiento de datos y establecer los niveles de riesgo de los componentes de un sistema de abastecimiento y la capacidad de gestión del ente administrador en este caso las ASADAs, siendo ambas complementarias e importantes dentro de la estructura de riesgos y gestión, para la sostenibilidad de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado –SAA-.

4.1.3 Descripción de las herramientas

4.1.3.1 Guías de Inspección SERSA: Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud.

El Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA), es una herramienta basada en la metodología de análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), siendo esta la principal plataforma para la legislación internacional y las buenas prácticas de fabricación para los sectores de la industria alimentaria.

La evaluación del riesgo es el proceso de identificar y magnificar las consecuencias negativas que pueden resultar de una acción, proporcionando información sobre los posibles impactos ecológicos o en la salud pública; la gestión del riesgo ayuda a tomar decisiones para controlar los peligros identificados en la evaluación, considerando aspectos sociales, científicos, tecnológicos, económicos, legales y políticos que faciliten la toma de decisiones y acciones de gestión (EPA, 2000; NAP, 2002; OMS, 2004b). Estos dos procesos son un requisito esencial para cualquier empresa del sector productivo (Hrudey et al., 2006); en los sistemas de abastecimiento de agua potable (SAAP) y saneamiento son de gran importancia para garantizar la seguridad del agua (Lindhe et al., 2009).

Una de las herramientas comúnmente empleadas para la gestión del riesgo es el Análisis de peligros y puntos críticos de control - APPCC (Hazard Analysis and Critical Control Point - HACCP), siendo aplicado en los SAAP desde mediados de 1990 (EPA, 2006) y utilizado en el desarrollo de los PSA (Planes de Seguridad del Agua) (Davison et al., 2005; EPA, 2006). (Pérez Vidal, Torres Lozada, & Cruz Vélez, 2009).

Originalmente, los planes APPCC se diseñaron para abordar los problemas relacionados con riesgos físicos, químicos y biológicos de los alimentos (FAO, 2003). El APPCC es un sistema racional de control, que incluye la anticipación de los riesgos asociados con la producción y la identificación de los puntos en los que pueden ser controlados dichos riesgos, es un sistema de control lógico y directo basado en la prevención de problemas: una manera de aplicar el sentido común.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable son análogos a la industria de producción de alimentos, ya que también el producto final, en este caso el agua, es llevado a la población general que la utiliza para las diversas actividades domésticas y para su ingesta. Bajo este contexto, la teoría de APPCC y la herramienta SERSA ha sido aplicada por el Ministerio de Salud de Costa Rica en los sistemas de abastecimiento de agua, con el fin, de identificar los niveles de riesgos asociados en los diferentes componentes de los sistemas de agua y sugerir medidas preventivas a seguir, entendiéndose el riesgo como la probabilidad que un agente contaminante se presente en el agua y cause daño a la salud humana.

En el SERSA, agua para consumo humano, se identificaron los siguientes componentes del sistema como puntos de control críticos:

- Fuente de abastecimiento sea esta naciente, captación superficial o pozo.
- Tanque de almacenamiento.
- Línea de conducción.
- Sistema de potabilización.

La herramienta se presenta en el Anexo 1. Para la realización de la evaluación de riesgo existen 10 preguntas en cada uno de los componentes, las cuales son validadas in situ a través de una inspección sanitaria o visita de campo para la evaluación de estos componentes. Cada respuesta tiene el mismo peso, por lo cual la valoración final se hace a través de la sumatoria de preguntas contestadas afirmativamente y ésta indicará el nivel de riesgo en el componente evaluado. El nivel de riesgo y el código de color asociado con el número de respuestas afirmativas se presentan en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Clasificación de riesgo y código de colores para aplicar la Metodología Estandarizada SERSA.

Número de Respuestas "Sí"	Clasificación de Riesgo	Código de Colores
0	Riesgo Nulo	■
1 - 2	Riego Bajo	■
3 - 4	Riesgo Intermedio	■
5 - 7	Riesgo Alto	■
8 - 10	Riesgo Muy Alto	■

Fuente: (Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015)

Cabe resaltar que, en cada uno de los cuestionarios de los componentes evaluados, se han identificado preguntas categorizadas como críticas, las cuales requieren mayor atención por parte del administrador y operador del servicio de abastecimiento de agua.

4.1.3.2 Visita de campo y levantamiento de la información

En coordinación con las entidades administradoras de los acueductos comunales del cantón se realizaron visitas programadas a cada SAA, con el fin de realizar la respectiva inspección para la aplicación del instrumento SERSA. En cada visita se contó con la participación del fontanero o algún miembro de la junta administradora de cada ASADA.

En las visitas se identificaron los niveles de riesgo en cada componente del sistema acorde a las preguntas del formato, consignando la información en cada una de las fichas según corresponda. Se tomaron fotografías y geo-referenciaron de sitios visitados de cada una de las estructuras existentes por acueducto, para dar soporte a la información levantada. A lo largo de las visitas se realizaron las recomendaciones correspondientes según la característica observada.

4.1.4 Procesamiento de la información

4.1.4.1 Consignación de la información

La información levantada en campo fue sistematizada y se preparó una hoja de cálculo donde fueron digitados los resultados encontrados para la herramienta SERSA, para cada una de las comunidades o ASADAs visitadas en este cantón.

4.2 Metodología de Aguas Residuales y Residuos Sólidos

Para recabar la información sobre los temas de Aguas Residuales y Residuos Sólidos se elaboró y aplicó una encuesta en las zonas rurales atendidas por ASADAs en toda la provincia de Cartago. Dentro de la encuesta también se preguntó sobre el tema del servicio de agua potable y su calidad.

Adicionalmente a la encuesta, se realizaron giras de inspección a las diferentes zonas para corroborar los datos.

La población total atendida por ASADAs en la Provincia de Cartago es aproximadamente 131559 personas o sea un total 31621 servicios de agua potable.

Se seleccionó una muestra de población, dicha muestra se diseñó estadísticamente para brindar una confianza del 95% sobre la hipótesis. Se utilizó la ecuación siguiente para la selección de la muestra:

$$\frac{N * (a_c * 0,5)^2}{1 + (e^2 * (N - 1))}$$

La solución a la ecuación anterior da como resultado un valor de 387 entrevistas, los investigadores toman la decisión de incrementar en un 60% este valor para asegurar un margen de error de no respuesta.

El total de encuestas aplicadas fueron 614 entre las diferentes comunidades atendidas por ASADAs, así es como se visitaron lugares como: Cot, Cipreses, Orosi, Palomo, La Suiza de Turrialba, El Congo, Tucurrique, Pejibaye, Humo, San Miguel, Tres Equis, Pavones, Javillos, Eslabón, La Pastora, Santa Cruz, Verbena, Santa Rosa, Aquiares, Río Claro, San Antonio, San Martín, Sictaya, Torrealba, Higuito.

La encuesta fue diseñada utilizando el criterio de expertos en los temas necesarios para la recolección de la información, se usaron preguntas de respuestas única y múltiple de acuerdo con (Sampieri, Collado, & Lucio, 2002). Se validó la encuesta aplicándola en línea a una población de 16 voluntarios, luego se corrigieron los errores de interpretación o preguntas mal planteadas.

Se entrenaron 37 estudiantes de Ingeniería Ambiental del TEC para que contaran con criterio a la hora de encontrarse con toma de decisiones al realizar las entrevistas, se aplicó la encuesta bajo la supervisión de los investigadores.

La encuesta se dividió en cinco secciones: (ver Apéndice 1)

- 1) Información general sobre la persona y hogar entrevistado: nombre, edad, sexo, escolaridad y dirección de la vivienda.
- 2) Manejo de residuos sólidos en el hogar: identificación del ente recolector de residuos sólidos en la comunidad, forma de separar los residuos sólidos, conocimiento de tipos de materiales en los residuos valorizables.

- 3) Agua potable: costo del servicio, percepción de la comunidad sobre la calidad del agua recibida por parte de la ASADA, medidas que se toman en el hogar para el ahorro del agua.
- 4) Agua residual: tipo de tratamiento del agua residual de inodoros, aguas grises, tipo de tecnología utilizada en inodoros, ubicación del drenaje del tanque séptico.
- 5) Compromiso comunal ambiental.

Se planificaron tres rutas para aplicar la encuesta con el objetivo de abarcar toda la provincia de Cartago sin tomar en cuenta las zonas protegidas de conservación.

Cada encuesta aplicada contó con un número de identificación de la persona que entrevistó, el número de cantón, número de distrito y ASADA a la que pertenecía. Los números de cantón y distrito utilizados son los mismos que usa el INEC.

A continuación, se presentan las rutas diseñadas y las comunidades atendidas por las ASADAs visitadas.

En la Figura 4.1 se muestra la ruta 1 de encuestas, en la cual se realizaron 178 encuestas.



Figura 4.1. Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 1, Turrialba, Costa Rica.

En la Figura 4.2 se muestra el recorrido para la ruta 2 de encuestas, donde se realizó un total de 147 encuestas.



Figura 4.2. Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 2, Turrialba, Costa Rica.

En la ruta 3 de encuestas se aplicó un total de 318 encuestas, siguiendo el recorrido que se muestra en la Figura 4.3



Figura 4.3. Croquis de aplicación de encuestas en la ruta 3, Cartago, Costa Rica.

Se contó con autobuses aportados por el TEC para transportar a los equipos formados por estudiantes y profesores a puntos centrales de las comunidades, desde donde los aplicadores caminaron y entrevistaron a las personas.

Los resultados de la encuesta se digitaron en una hoja electrónica de Excel y luego fueron analizados utilizando el programa Mintab 7.0.

Cuadro 4.2. Número de encuestas aplicadas según cantón.

El Guarco	Oreamuno	Paraíso	Turrialba	Jiménez	TOTAL
23	188	113	216	73	614

Como segunda parte de la metodología, se realizaron visitas de campo a las comunidades de las ASADAs previamente seleccionadas, para comprobar los problemas de saneamiento identificados en la encuesta y corroborar datos sobre las comunidades seleccionadas. La selección de la muestra representativa de ASADAs de toda la Provincia de Cartago se hizo con los criterios de tamaño de ASADA y si contaba o no con desinfección.

Se elaboró un check list para evaluar visualmente las condiciones y se tabularon posteriormente los resultados.

En el caso de los residuos sólidos también se consultó con las municipalidades de cada zona en cuanto a las características de la recolección de residuos sólidos, los lugares de tratamiento y la frecuencia de recolección. Posteriormente se realizó una inspección visual para determinar la presencia de residuos sólidos en las calles, aceras, parques, quebradas y ríos.

Una parte adicional de la metodología fue la comprobación de contaminación de aguas de fuentes naturales que atraviesan las comunidades de las ASADAs seleccionadas en la muestra representativa. Por lo tanto, se realizaron análisis físico químicos en diferentes fuentes superficiales en el área de Higuito y río Páez en Cot, se realizaron análisis de $DBO_{5,1}^{20}$, pH, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales.

5. Resultados

5.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE ABASTO DE AGUA

Mediante este apartado se permite describir las características técnicas de los Sistemas de Abasto de Agua –SAA- evaluados.

5.1.1 Abonados, y fuentes de abasto por sistema

De los acueductos evaluados en este cantón, en la Figura 5.1, se muestra que el número de abonados se localiza entre 140 y 1000, el número de fuentes de abasto utilizadas se ubica entre 2 y 12 respectivamente. Con estos resultados, se puede concluir que existen acueductos, que poseen pocos abonados y por ende baja población, lo cual afecta la sostenibilidad de los sistemas de abasto, en los aspectos de calidad, cantidad y continuidad del servicio, llegando a generar problemas de tipo ambiental, financieros, sociales y económicos para la producción de agua potable. Otro aspecto es la presencia de varias fuentes de agua por acueducto, lo cual ocasiona altos costos de inversión, protección y mantenimiento de las estructuras de captación, redes de conducción y distribución, tanques de almacenamiento y sistemas de desinfección y otras estructuras como quiebra-gradientes.

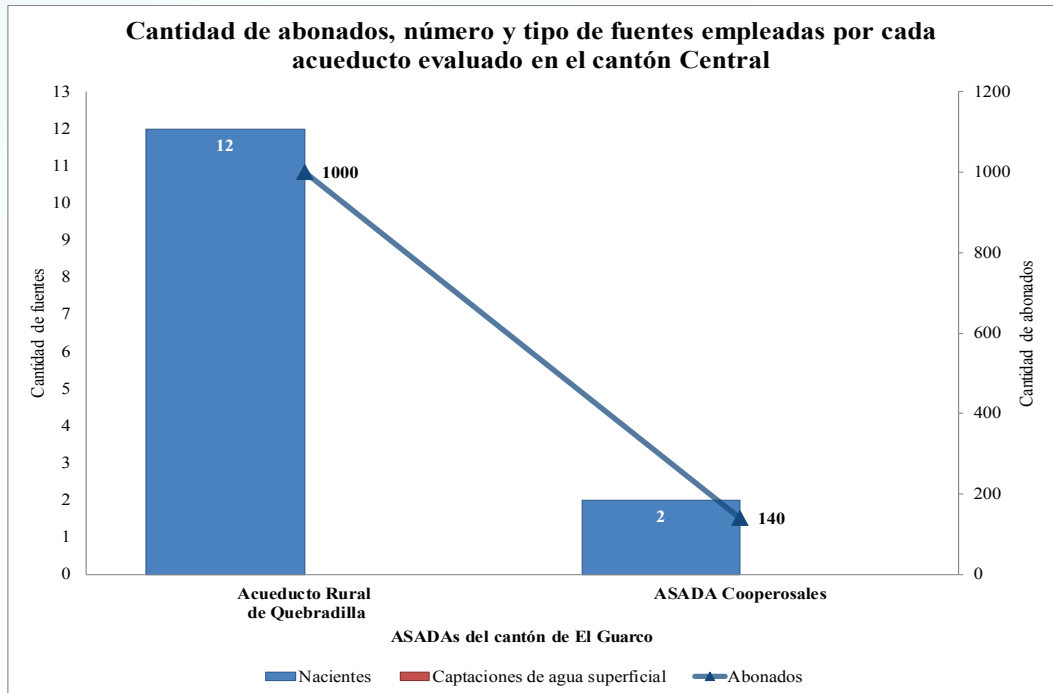


Figura 5.1. Cantidad de abonados, número y tipo de fuentes de abasto por ASADA – Central.

A partir del tipo de la fuente que abastece un acueducto se puede tener una idea de la calidad del agua, es el caso de las nacientes, sus características a simple vista se identifican como aguas de buena calidad en los parámetros de turbidez, color y olor. Para este tipo de fuentes casi en la mayoría de los casos no se requiere de un sistema de tratamiento, siempre y cuando las captaciones, conducciones, tanques y redes de distribución sean bien construidas y no permitan que el agua se contamine en estas estructuras hidráulicas antes de llegar la comunidad. El único tratamiento requerido es la desinfección que se aplica más por efecto de prevención a la contaminación por agentes externos.

5.1.2 Captaciones

5.1.2.1 Tipo de captación de nacientes



Captación A nivel



Captación semi-enterrada



Captación Enterrada

Figura 5.2. Ejemplos de tipo de captaciones de nacientes.

De las fuentes con captación tipo nacientes que más se presenta en estos dos acueductos evaluados son las captaciones enterradas, este tipo de captaciones producen aguas, que por lo general son de buena calidad, es importante anotar que este tipo de nacientes son las que, los acueductos prefieren seleccionar como fuentes de abasto de sus acueductos, en muchos casos prefieren estas fuentes aun cuando estén muy alejadas de la comunidad, lo cual ocasiona altos costos de inversión. Los costos de operación y mantenimiento de tuberías, accesorios y quiebra-gradientes son altos en estas estructuras, ya que algunas poseen varios años de estar funcionando y entonces su alto deterioro ocasiona frecuentes reparaciones de fugas, situación que se aumenta por el vandalismo, fallas geológicas, además los terrenos por donde pasan estas estructuras en su mayoría son terrenos privados. En Figura 5.2 tipos de captaciones de nacientes y en la Figura 5.3 , se observa que el 57% de las nacientes son tipo enterrada, un 36% son semi-enterradas y 7% están a nivel.

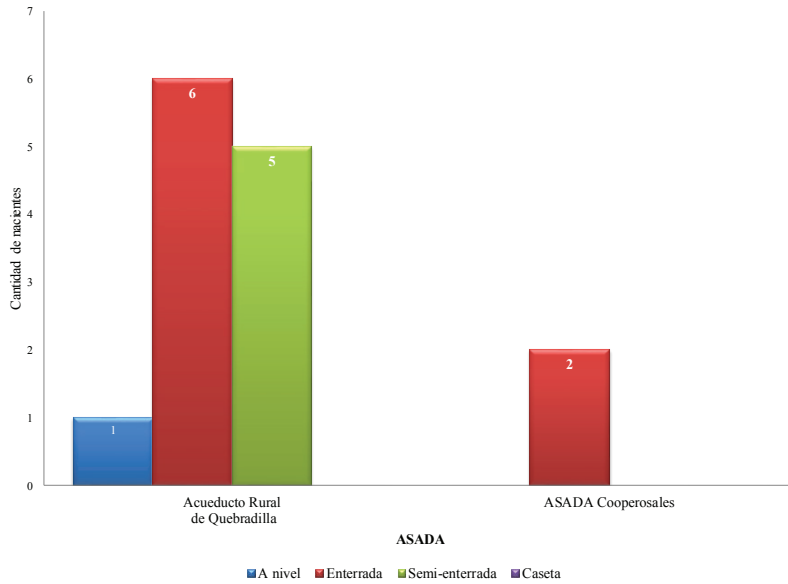


Figura 5.3 Tipo de nacientes en funcionamiento por cada acueducto – Central.

5.1.3 Tanques de almacenamiento por sistema



A nivel



Semi-enterrado

Figura 5.6. Ejemplo de tipos de tanques de almacenamiento.

5.1.3.1 Cantidad y tipo de tanques de almacenamiento por ASADA

Los acueductos evaluados están utilizando entre 3 a 7 tanques de almacenamiento por sistema de abasto, en la Figura 5.7. Para un acueducto que posee varios tanques de almacenamiento se pueden presentar mayores probabilidades de tener pérdidas de agua por fugas o reboses de los tanques, niveles de cloro residual por debajo de la norma afectando la calidad del agua, necesidad de tener que realizar re-cloración. Otro aspecto que se observó es que no en todos los tanques donde se realiza la desinfección no se dispone de mecanismos hidráulicos y/o mecánicos, para el cierre del ingreso del agua a los tanques cuando estos llegan a su capacidad máxima, e igualmente no se disponen de mecanismos hidráulicos y/o mecánicos para el cierre de la cloración ocasionando pérdidas de agua y cloro.

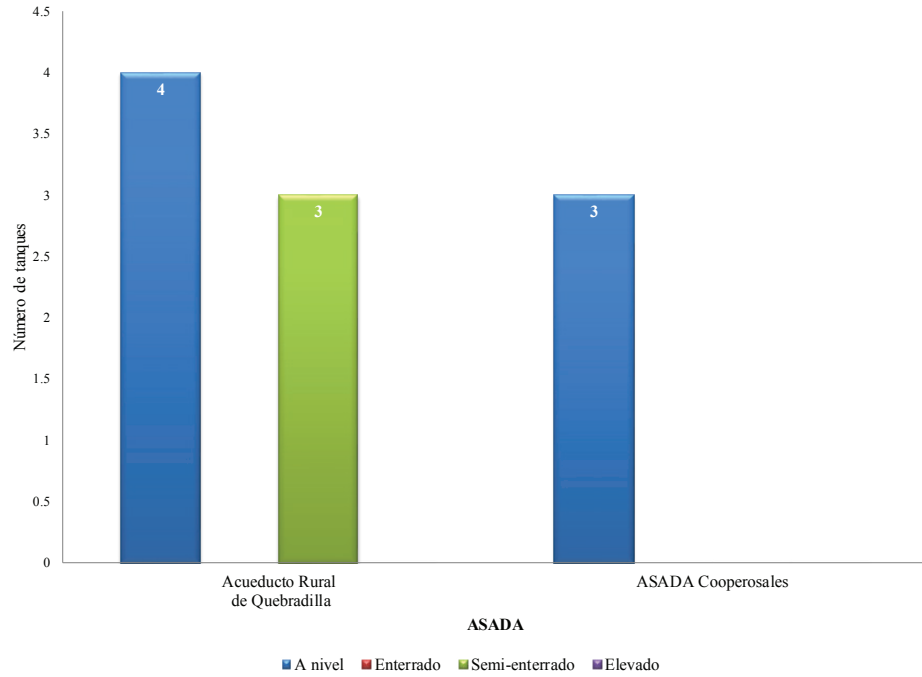


Figura 5.7. Número y tipo de construcción de los tanques de almacenamiento por acueducto – Central – Evaluados en los años 2014 – 2016.

5.1.3.2 Material de los tanques

En la Figura 5.8, se observa que en uno de los acueductos todos sus tanques son de concreto y en el otro de polietileno. Es importante anotar que mediante la inspección se pudo observar que los tanques se encuentran en buenas condiciones, que reciben el mantenimiento necesario.

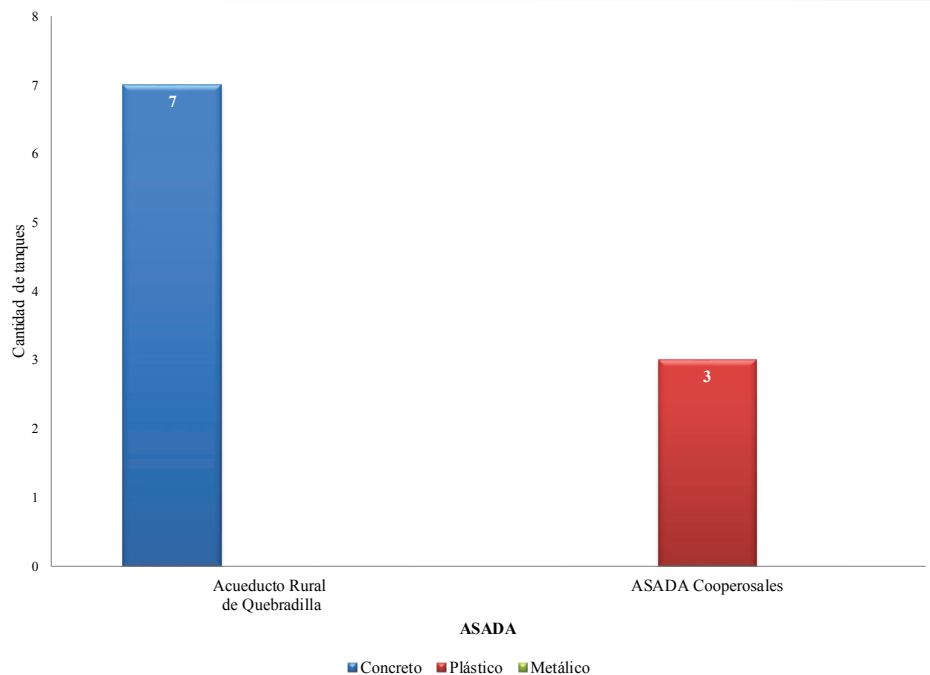


Figura 5.8 Material de los tanques de almacenamiento en funcionamiento por acueducto – Central.

5.1.4 Sistemas de desinfección

Ambos acueductos aplican el sistema de desinfección conocido como desinfección con “Pastillas”, este sistema es el utilizado dada su fácil operación y bajos costos tanto del equipo como de los reactivos. Sin embargo, en Quebradilla tienen además dos sistemas de electrólisis como se muestra en la Figura 5.9. En las visitas de campo realizadas a estos acueductos se observaron ciertas debilidades que se presenta en la desinfección mediante pastilla:

- Los equipos están siendo construidos por el mismo personal operativo (fontaneros) generando problemas en la desinfección del agua.
- No se dispone de mecanismos para el aforo del agua que ingresa a los tanques, el sitio donde se realiza la cloración no es el adecuado, no se tiene conocimiento de la concentración de la solución de cloro preparada y no se realiza el cálculo del caudal que se debe aplicar de la solución de cloro preparada al flujo que ingresa al tanque.
- Ninguna ASADA dispone de información sobre la curva de demanda de cloro del agua que llega a cada uno de los sistemas de cloración en funcionamiento.

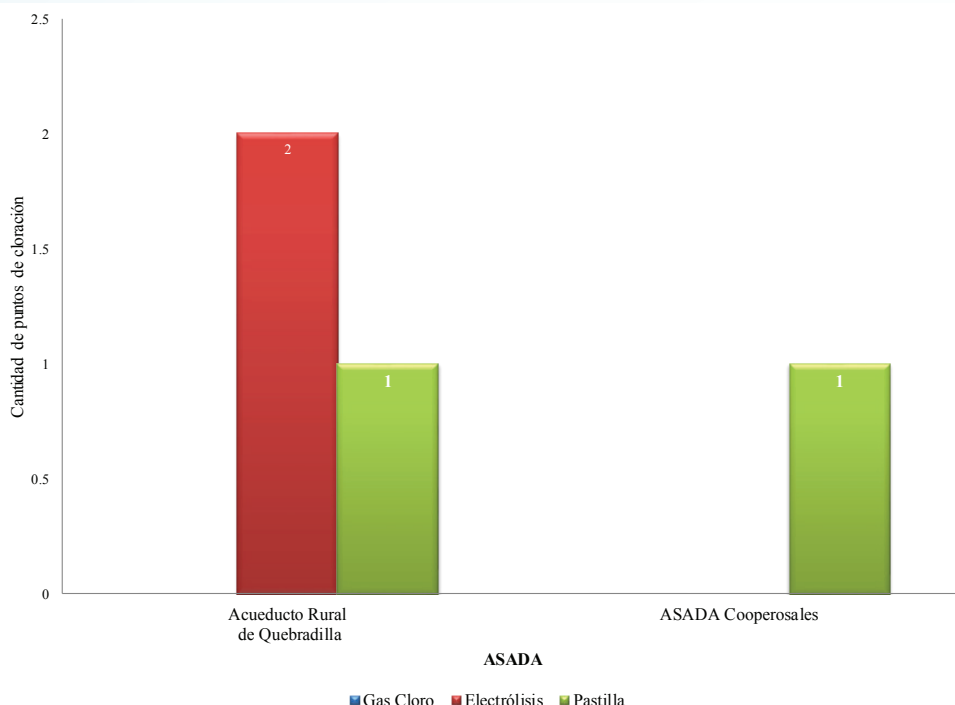


Figura 5.9 Tipo de desinfección empleada por cada acueducto – Central.

Por lo anterior la cloración se realiza a prueba de error, donde el operario encargado aplica una dosis de solución de cloro y luego procede con las pruebas de cloro residual en redes y compara este valor con la normativa, si es mayor disminuye la dosis aplicada y si es menor aumenta la dosis y así hasta llegar a tener valores de cloro residual en redes que cumplan con la norma 0,3 – 0,5ppm.

Otro aspecto que se observó con la desinfección es que hay tanques que no poseen mecanismos hidráulicos y/o mecánicos, para el cierre del ingreso del agua a los tanques, cuando este llega a su nivel máximo se presenta reboses/rebalses, lo cual ocasiona altas pérdidas de agua y de cloro.

5.1.4 DIAGNÓSTICO DE LOS NIVELES DE RIESGO

5.1.4.1 Captaciones - Tipo nacientes

Se revisaron un total de 14 nacientes, en la Figura 5.8, de todas las nacientes el mayor nivel de riesgo encontrado fue muy intermedio en ambos acueductos lo que representa el 79%, Uno de las ASADAs tiene una fuente en riesgo alto que es un 7% del total y dos en nivel bajo con un 14% de representación. De la inspección sanitaria se observó que la calidad de agua que se generan en dichas fuentes es buena, sin embargo, es importante corregir los riesgos encontrados con el fin de llevar cada nacimiento en lo posible a cero riesgos y así disminuir la vulnerabilidad y estabilidad de cada estructura.

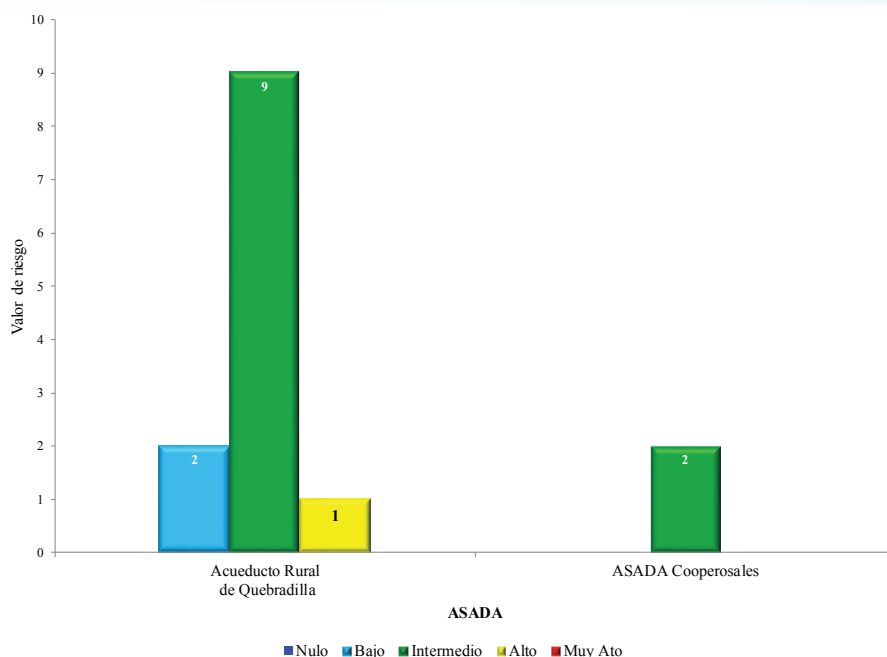


Figura 5.8. Riesgo SERSA para las captaciones tipo naciente acueductos – Central.

En relación a los 10 factores de riesgo evaluados en las captaciones tipo nacientes según la ficha SERSA, en el Cuadro 5.1, se detalla la frecuencia jerarquizada que presenta cada elemento de riesgo en las captaciones de este tipo revisadas, para los acueductos evaluados.

Cuadro 5.1. Evaluación de factores de riesgo identificados en captaciones tipo nacientes.

Factor de Riesgo	N° de factores positivos
¿Está la naciente sin malla de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación? (crítica)	14
¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía? (crítica)	10
¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	7
¿Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros) dentro de la captación de la naciente?	5
¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de la captación? (crítica)	4
¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial? (crítica)	2
¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación? (Observar si en el entorno inmediato existen letrinas, animales, viviendas, basura)	1
¿Está la tapa de la captación construida en condiciones no sanitarias y con cierre seguro (candado, tornillo u otro)?	0
¿Está la naciente desprotegida abierta a la contaminación ambiental? (sin caseta o sin tanque de captación).	0
¿Están las paredes y la losa superior de la captación con grietas? (crítica)	0

Como lo muestra el Cuadro 5.1 los factores de riesgo más incidentes fueron:

- Nacientes sin cerca de protección. **(crítica)**
- Se carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía. **(crítica)**
- Se carece de respiraderos con rejilla de protección.
- Se encuentran plantas (raíces, hojas, algas y otros).

Para el caso de la ausencia de cercas de protección que impida el acceso de personas y animales a la captación, se da por la imposibilidad de construirlas dado que las nacientes se encuentran ubicadas en lotes de particulares con los cuales no se han hecho acuerdos.

La instalación de canales perimetrales para desviar o recolectar las aguas de escorrentía producto de las lluvias, y que estas aguas no se infiltren o drenen a la captación, es una necesidad para evitar la posible mezcla de aguas superficiales con las de nacientes lo cual puede ocasionar contaminación de las aguas desde el punto de la captación.

Las nacientes fueron construidas teniendo como primera misión poder captar todo el flujo de agua que se produce, dada la estructura en casi todos los casos en concreto no se tuvo la preocupación de dejar un respirador en la tapa de la estructura antes de la colocación del concreto. Es importante hacer referencia al estado de la concesión de agua de cada fuente ante el MINAE.

La presencia de plantas dentro de la zona donde se capta el agua es una falta de revisión periódica de la estructura. La limpieza de las nacientes debe ser una tarea obligatoria y de cumplimiento por parte del personal de mantenimiento del acueducto.

Es importante resaltar que hay factores de riesgo que son críticos, en este caso se observa que en la evaluación de las captaciones tipo nacientes, se dio una alta incidencia en dos factores de riesgo, lo que es recomendable que la ASADA mire estos factores como prioritarios en los planes de mejoras del acueducto. Figura 5.9 se pueden observar las diferentes estructuras de captación de tipo nacientes que poseen los acueductos evaluados, las fotos dan la evidencia de los riesgos a que están sometidas estas estructuras.



Figura 5.9. Diferentes captaciones tipo naciente presentes en los acueductos evaluados – Central.

5.1.4.2 Tanques de almacenamiento

De los acueductos visitados, se verificaron 10 tanques de almacenamiento, en la Figura 5.10, se observa que en uno de los acueductos todos los tanques encuentran en nivel bajo, mientras que en el otro todos se encuentran en nivel intermedio, es importante implementar las medidas necesarias para disminuir el riesgo y buscar llegar a nivel nulo.

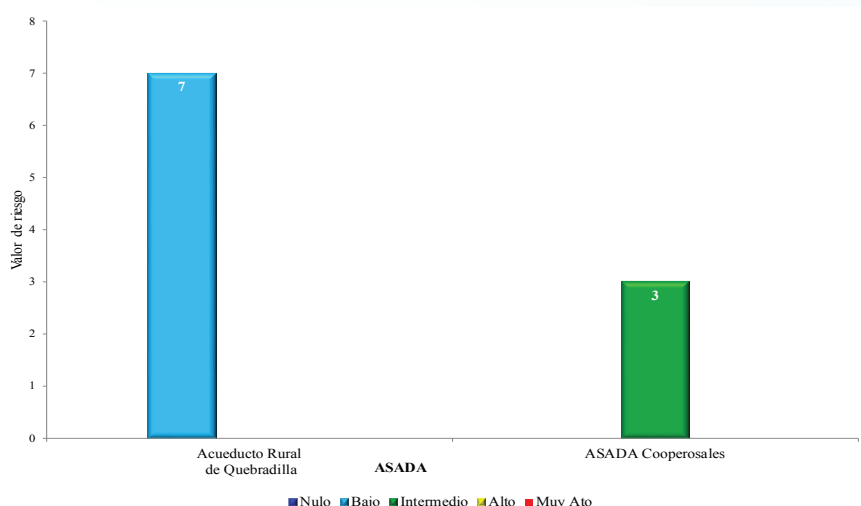


Figura 5.10. Riesgo SERSA para los tanques de almacenamiento de los acueductos – Central.

En relación a los 10 factores de riesgo evaluados en los tanques el Cuadro 5.2 se muestran las frecuencias jerarquizadas según la aplicación del instrumento SERSA de cada factor de riesgo en los tanques de almacenamiento visitados.

Cuadro 5.2. Evaluación de factores de riesgo identificados en tanques.

Factor de Riesgo	Nº de factores positivos
¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura, actividad agrícola o industrial) (critica)	6
¿Carece de borde de cemento alrededor del tanque (menor a 1 metro) y la estructura externa de mantenimiento? (Pintura, limpieza: libre de hojas, musgo, ramas, otros)	5
¿Está el nivel del agua menor que 1/4 del volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?	3
¿Carece el tanque de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección? (critica)	2
¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)? (critica)	0
¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?	0
¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración? (critica)	0
¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias? (critica)	0
¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?	0
¿Carece la tapa de un sistema seguro de cierre (candado, cadena, tornillo)?	0

Como lo muestra el Cuadro 5.2, los factores de riesgo más incidentes en los tanques de almacenamiento fueron:

- Existencia de alguna fuente de contaminación alrededor del tanque. **(crítica)**
- Es el borde de cemento alrededor del tanque menor a 1 metro.
- El nivel del agua es menor a $\frac{1}{4}$ del volumen del tanque
- Ausencia de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección. **(crítica)**

Con respecto a la cerca de protección de este tipo de estructuras, en muchos casos no se tiene debido a que los tanques por lo general se ubican en terrenos privados por lo que en casi todos los casos los dueños no permiten que se coloquen cercas o mallas para proteger los tanques de ingresos de personas y/o animales, sin embargo se considera realizar gestiones de compra de estos terrenos o en caso contrario negociar con los dueños la posibilidad de instalación de mallas que protejan estas estructuras, con fin de prevenir posibles de acciones vandalismo.

El borde de cemento o acera es un elemento de protección importante, sin embargo, su relevancia va a estar determinada por la ubicación del tanque en el terreno (nivel o enterrado) y las necesidades van acorde a las posibilidades de contaminación por escurrimiento superficial.

Si el nivel del agua en los tanques es menor a un $\frac{1}{4}$ es un indicador de que existen problemas de abasto ya sea, porque el caudal de las fuentes disminuyó o porque el tanque tiene problemas de fugas.

En la Figura 5.11, se presentan los tanques de almacenamiento utilizados por los acueductos evaluados, donde se pueden observar los riesgos que cada tanque posee.



Figura 5.11. Diferentes tanques presentes en los acueductos evaluados Cantón Central.

5.1.4.3 Sistemas de desinfección

La tecnología aplicada para la desinfección del agua instalada es llamada por las ASADAs sistema “cloración con pastillas”, dicho sistema utiliza tabletas de 8 cm de diámetro de hipoclorito de calcio de lenta disolución, consiste en un tubo de PVC que contiene otro tubo con agujeros, el cual sirve como depósito de las pastillas de hipoclorito de calcio al 70% de contenido de cloro. Al interior del tubo llega agua, sin previo tratamiento, que disuelve por contacto las pastillas, generándose una disolución de la cual se desconoce el caudal aplicado y concentración de la solución de cloro.

Otro aspecto a resaltar es que existen sistemas de cloración que son construidos por el personal operativo de las ASADAs, lo cual hace que la operación de desinfección posea mayores deficiencias en la preparación y aplicación de la solución de cloro.

Los equipos de cloración no están debidamente calibrados y la gran mayoría son equipos de que ya cumplieron su vida útil y además su medición de muy subjetiva dado que es por observación y comparación de colores.

Además, en uno de los acueductos tienen también dos sistemas de electrólisis que emplean sal y corriente eléctrica para producir el cloro mediante reacciones químicas.

De los cuatro sistemas evaluados uno presenta nivel de riesgo alto y los otros tres se encuentran en nivel intermedio como se muestra en la Figura 5.12.

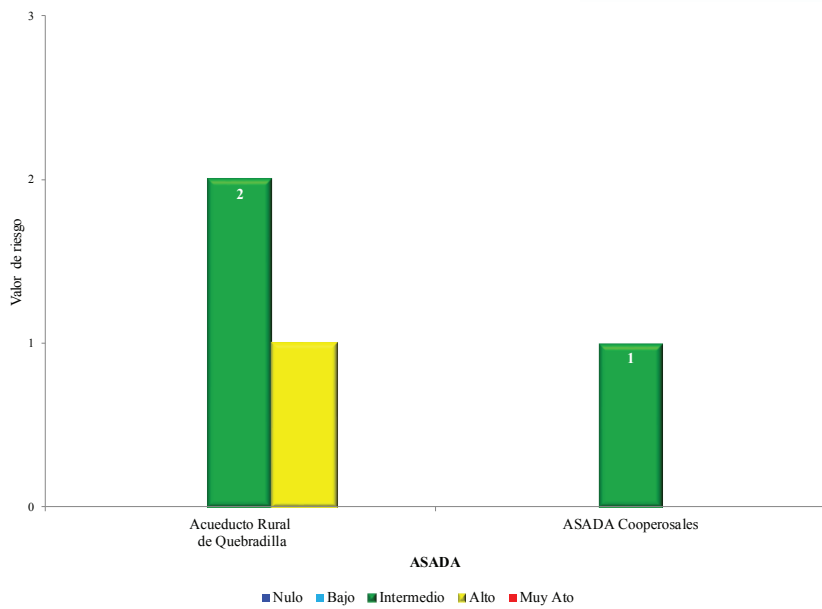


Figura 5.12. Riesgo SERSA en los sistemas de cloración en los acueductos evaluados – Central.

Para los sistemas de desinfección por pastilla no se tienen cámaras de contacto de cloro, se dosifica a tasa constante en los tanques de almacenamiento, por lo cual los tiempos de residencia del cloro se desconocen, la mezcla no es homogénea en toda el área del tanque, no se dispone de información del caudal que ingresa a los tanques y se desconoce la demanda de agua durante el día. En la mayoría de los casos se desconoce la concentración de la solución de cloro aplicada, con respeto a la dosificación de la solución de cloro en muchos casos no se reporta este valor.

Los tanques donde se realiza la cloración no disponen de los sistemas de regulación del ingreso del agua, de igual forma los sistemas de cloración, lo que ocasiona que los tanques al rebalsar se presenten pérdidas de cloro y agua.

Cabe resaltar que en algunos sistemas de desinfección la dosificación tiene deficiencias técnicas, ya que el goteo no se verifica con medición de volumen y tiempo, si no de manera visual, lo cual no garantiza las dosis necesarias.

No se dispone de información sobre la curva de demanda de cloro del agua que llega al tanque en cada uno de los acueductos evaluados.

En relación a los 10 factores de riesgo evaluados en los tanques, en el Cuadro 5.3, se muestran las frecuencias jerarquizadas según la aplicación del instrumento SERSA de cada factor de riesgo en la desinfección de los acueductos visitados.

Cuadro 5.3. Evaluación de factores de riesgo identificados en la desinfección.

Factor de Riesgo	N° de factores positivos
¿Se carece de registros de la concentración y del caudal de la solución de cloro preparada y aplicada? (crítica)	4
¿Se carece de registros de caudal del agua a ser clorada (caudal que ingresa al tanque donde se homogeniza el cloro)?	4
¿Se carece del equipo de protección necesaria para el personal operativo del sistema de cloración? (crítica)	4
¿Se carece de una zona/caseta debidamente acondicionada para la preparación y aplicación del cloro? (crítica)	3
¿Se carece de registros de consumo de cloro día/semana/mes/año?	1
¿Carece el acueducto de bitácora de la dosificación del cloro? (crítica)	1
¿Carece el operario de la capacitación necesaria para la preparación y aplicación de la cloración? (crítica)	1
¿Se carece de registros de los niveles de cloro residual en tanque(s) de almacenamiento?	0
¿Se carece de mantenimiento periódico del sistema de cloración?	0
¿Se carece del equipo para la medición de cloro residual	0

Como lo muestra el Cuadro 5.3, los factores de riesgo más incidentes en la desinfección fueron:

- No hay registros de la concentración y del caudal de la solución de cloro preparada y aplicada.
- No se cuenta con los registros del caudal de agua a ser clorada.
- Se carece del equipo de protección necesaria para el personal operativo.
- No se cuenta con una caseta acondicionada para la preparación y aplicación del cloro.

El disponer de un registro (bitácora) permite dar seguimiento, establecer fallas y poder corregir anomalías en la operación de la desinfección que es vital en procesos de potabilización de agua para consumo humano, por tanto, el llevar un buen registro de la operación de la desinfección es de suma importancia. Otro aspecto de riesgo es la falta de capacitación del personal que realiza las actividades de preparación de la solución de cloro y la aplicación de la dosis de la solución preparada, donde esta persona desconoce varios aspectos como la concentración de la solución, el caudal de ingreso al tanque y por ende qué caudal de solución debe aplicar. Por lo anterior se observan malas prácticas en la aplicación de la cloración.

En la Figura 5.13, se presentan los diferentes tipos de desinfección utilizados por los acueductos evaluados, donde se pueden observar los riesgos que cada sistema presenta dando evidencias que la cloración no garantiza una acertada desinfección del agua, la cual será suministrada a la comunidad usuaria.



Figura 5.13. Diferentes sistemas de desinfección presentes en los acueductos evaluados Cantón Central.

5.1.5 Resumen de los resultados de agua potable

Mediante este resumen se quiere dar una presentación del resultado del instrumento SERSA aplicado en los cuatro acueductos que fueron evaluados en este estudio. Es importante anotar que cada ASADAS se le hizo entrega de un documento donde se les presentó el estado de cada componente del acueducto y se formuló un plan de mejoras, con el fin que cada ASADA diseñe un plan para disminuir los riesgos de su acueducto.

Consideramos que estudio puede ser empleado por el Ministerio de Salud, para promover que otras ASADAs realicen su propia evaluación de su acueducto. Para las ASADAs consideramos que estos estudios son la base de la información para darle respuesta a MINSALUD de sus reportes operativos según la nueva normativa emitida en el año 2015.

5.1.5.1 Resumen de riesgos de cada uno de los componentes de los acueductos evaluados

Según Cuadro 5.4, de las 14 fuentes tipo nacientes se obtuvo el siguiente resultado: Una captación con un riesgo alto, nueve captaciones con un riesgo intermedio y dos con riesgo bajo en el acueducto de Quebradilla, mientras que en el acueducto de Cooperosales las dos nacientes se encuentran en riesgo intermedio.

Cuadro 5.4. Riesgos de las estructuras de los acueductos evaluados.

ACUEDUCTO	Riesgos de las Estructuras		
	Fuentes- Nacientes/ Superficiales	Tanques de Almacenamiento	Desinfección
ASADA QUEBRADILLA			
Naciente F-1			
Naciente F-2	Intermedio		
Naciente F-3	Intermedio		
Naciente F-4	Intermedio		
Naciente F-5	Intermedio		
Naciente F-7	Alto		
Naciente F-9	Intermedio		
Naciente F-10	Bajo		
Naciente F-11	Intermedio		
Naciente F-12	Intermedio		
Naciente F-13	Bajo		
Naciente F-14	Intermedio		
Tanque N° 1		Bajo	
Tanque N° 2		Bajo	
Tanque N° 3		Bajo	
Tanque N° 6		Bajo	
Tanque N° 7		Bajo	
Tanque N° 8		Bajo	
Sistema de Desinfección General			Alto
Sistema de Desinfección Tanque 6			Intermedio
Sistema de Desinfección Tanque 8			Intermedio
ASADA COOPEROSALES			
Naciente N°1	Intermedio		
Naciente N°2	Intermedio		
Tanque N°1		Bajo	
Tanque N°2		Bajo	
Tanque N°3		Bajo	
Sistema de Desinfección Tanque			Intermedio

Importante resaltar que esta evaluación muestra un número alto de captaciones con riesgos intermedio lo cual presenta que estas estructuras poseen vulnerabilidad a que la calidad del agua desde las captaciones se pueda contaminar.

5.1.5.2 Resultados de los aforos en las captaciones de los acueductos evaluados –Cantón Central

Según Cuadro 5.5 se presentan los registros de los aforos de caudales que vienen realizando las ASADAs en las respectivas captaciones de las fuentes de cada acueducto, con respecto a esta información recolectada por este proyecto se observa lo siguiente: El acueducto de Cooperosales poseen la cultura de realizar aforos y registros de los caudales que están siendo captados de cada fuente, pero no se están realizando los aforos de la oferta de cada fuente, en el Apéndice 3 se muestra una guía realizar los aforos de manera correcta.

La presente información es de vital importancia para cada ASADA, con el fin de poder establecer los valores en la variación de cada fuente de oferta de agua y la variación de lo demandado por el acueducto, por cada fuente tanto en épocas de lluvias como en épocas de pocas lluvias durante cada año, esta información es importante para cada ASADA, con el fin de establecer indicadores de la capacidad que posee la ASADA sobre los volúmenes de reserva de caudales que posee el acueducto para garantizar su abasto a su población que viene creciendo su necesidad de recursos hídrico.

Cuadro 5.5. Resumen del registro de los aforos en las fuentes de agua tanto de la oferta como lo captado por cada fuente y acueducto.

ACUEDUCTO	Valores de aforos de caudales en las fuentes oferta y captados (L/s)			
	Año 2014		Año 2015	
	Oferta de la fuente	Captado para el acueducto	Oferta de la fuente	Captado para el acueducto
ASADA QUEBRADILLA				
Naciente F-1	NR	ND	NR	ND
Naciente F-2	NR	ND	NR	ND
Naciente F-3	NR	ND	NR	ND
Naciente F-4	NR	ND	NR	ND
Naciente F-5	NR	ND	NR	ND
Naciente F-7	NR	ND	NR	ND
Naciente F-9	NR	ND	NR	ND
Naciente F-10	NR	ND	NR	ND
Naciente F-11	NR	ND	NR	ND
Naciente F-12	NR	ND	NR	ND
Naciente F-13	NR	ND	NR	ND
Naciente F-14	NR	ND	NR	ND
ASADA COOPEROSALES				
Naciente N°1	NR	2,00	NR	ND
Naciente N°2	NR	0,53	NR	ND

Nota: NR: Dato que no se registra. ND: Datos no disponibles en este proyecto

En el Apéndice 4, se muestra una tabla para realizar los registros de los aforos y una explicación de para el cálculo de los caudales aforados.

5.1.5.3 Resultados de la evaluación de los tanques de almacenamiento

En el Cuadro 5.6, se observa que ninguna ASADA realiza aforos del caudal de ingreso a cada tanque de almacenamiento. Es importante anotar que estas estructuras en cada acueducto se construyeron

sin realizar ningún para establecer su capacidad, por lo tanto, son estructuras hidráulicas que no cumplen con la reserva de agua para atender demandas de regulación, de reparaciones de los componentes del acueducto localizados antes de los tanques y además no existe ninguna reserva de agua para atender emergencias como incendios.

Cuadro 5.6. Resumen de los de los datos relevantes de los tanques de almacenamiento de cada acueducto.

ACUEDUCTO	Aforo del caudal de ingreso al tanque	Material de construcción del tanque de almacenamiento	Volumen (m ³)
ASADA QUEBRADILLA			
Tanque N°1	NR	Concreto	ND
Tanque N°2	NR	Concreto	ND
Tanque N°3	NR	Concreto	ND
Tanque N°5	NR	Concreto	ND
Tanque N°6	NR	Concreto	ND
Tanque N°7	NR	Concreto	ND
Tanque N°8	NR	Concreto	ND
ASADA COOPEROSALES			
Tanque N°1	NR	Plástico	22
Tanque N°2	NR	Plástico	22
Tanque N°3	NR	Plástico	22

Notas: NR no se realiza registros. ND dato no disponible por el proyecto.

5.1.5.4 Resultados de la evaluación de los sistemas de desinfección de los acueductos evaluados en el Cantón Central.

Mediante el Cuadro 5.7 se presenta algunas características de la desinfección del agua en los acueductos evaluados en este Cantón por el proyecto, se pudo observar que la cloración posee varias debilidades como lo cual hace que la desinfección del agua no es la más acertada.

Importante destacar que esta operación en un acueducto es fundamental, con el fin de garantizar que el abasto de agua a la comunidad sea debidamente desinfectada y que se garantice que el agua es apta para consumo humano de forma permanente. Además, una de las ASADAs evaluadas no realiza la práctica de cloración. En el Anexo 3, se muestra una tabla para realizar los registros de los diferentes puntos donde se realiza la prueba del cloro residual.

Cuadro 5.7. Resumen del sistema de desinfección de acueductos.

ACUEDUCTO	Tecnología de desinfección	Consumo de reactivo	Concentración de la solución aplicada	Caudal aplicado de la solución
ASADA COOPEROSALES				
Sistema para tanques 1,2 y 3	Erosión Patilla	NR	NR	NR
ASADA QUEBRADILLA				
Tanque N°1	Electrólisis	NR	NR	NR
Tanque N°6	Erosión Pastilla	NR	NR	NR
Tanque N°8	Electrólisis	NR	NR	NR

Nota: NR no se tiene registros

5.1.6 Mapa de riesgos

A partir de la información recopilada en campo y la aplicación de los formularios de la herramienta SER-SA en cada uno de los componentes de los acueductos evaluados en el Cantón Central, en la Figura 7.1, Figura 7.2, Figura 7.3 y Figura 7.4 se localizan los componentes del acueducto y se identifican los riesgos de acuerdo al color correspondiente, además se ubican las zonas de protección o retiro que se deben dejar libres en las fuentes naturales como quebradas y ríos. Las áreas de protección se establecieron de acuerdo a lo establecido en La Ley de Aguas N°276 (1942), con 200 m de radio en captaciones de nacientes permanentes y la Ley Forestal (1996), en el caso de los márgenes de ríos y quebradas, una franja de 15 m medidos horizontalmente a cada lado de la rivera en zonas rurales y 10 m en zonas urbanas.

5.1.6.1 Mapa de riesgos del acueducto de Cooperosales

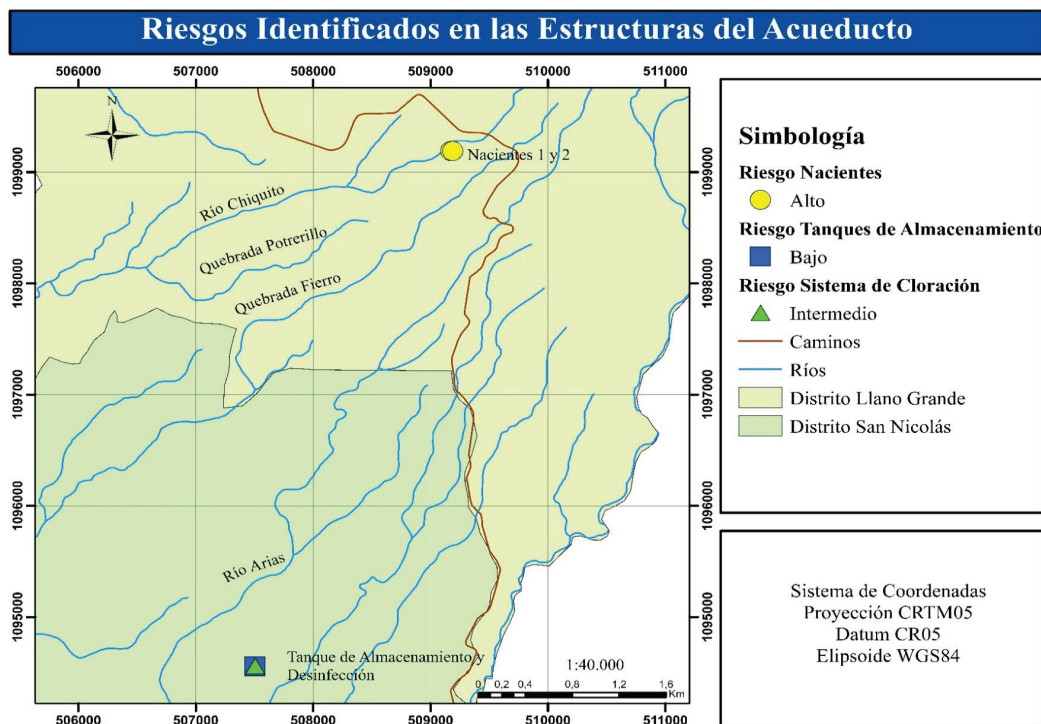


Figura 5.14. Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de Cooperosales.

Elaborado a partir del Atlas Digital. (Tecnológico de Costa Rica, 2014)

5.1.6.2 Mapa de riesgos del acueducto de Quebradilla

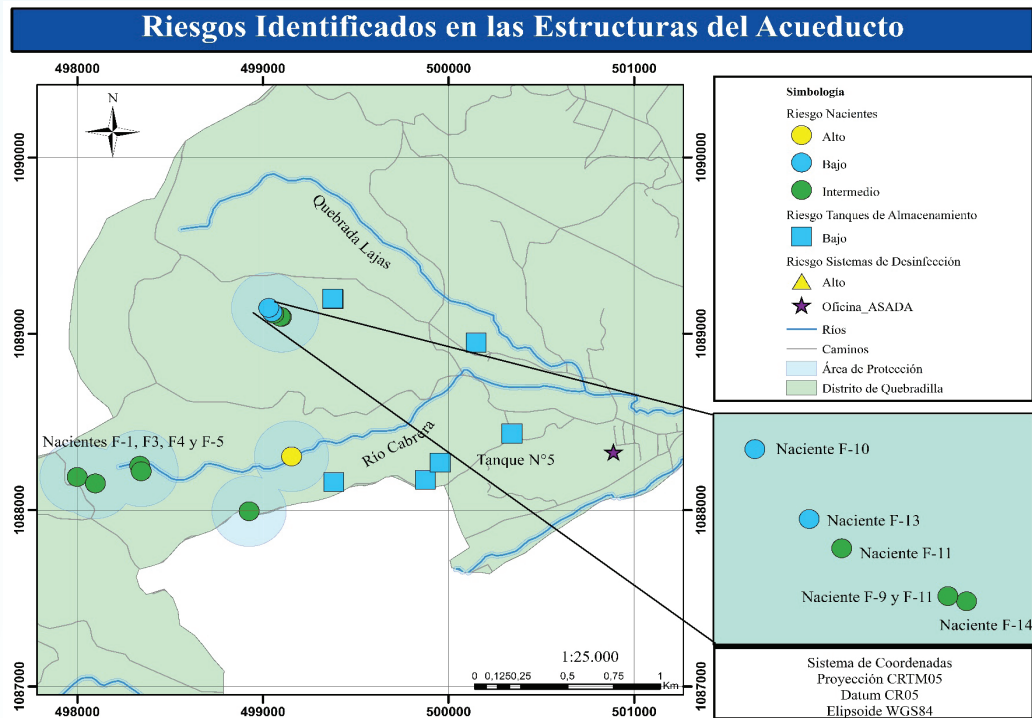


Figura 5.2. Mapa de riesgos SERSA identificados en el acueducto de Quebradilla.
Elaborado a partir del Atlas Digital. (Tecnológico de Costa Rica, 2014)

5.2 Principales resultados de la encuesta sobre saneamiento ambiental

Como se ha mencionado en la sección de metodología utilizada en aguas residuales y residuos sólidos, en el proyecto se aplicó una encuesta a una muestra de estudio en esos temas incluyendo el servicio de agua intradomiciliar y su calidad. En esta sección se muestran los principales resultados obtenidos.

La mayoría de la población atendida por ASADAs se clasifica como rural, sin embargo, se observan casos donde la zona en la que está ubicada la ASADA (por ejemplo: Higuito, San Isidro, Cot, Orosi) que poseen características urbanas tales como: alta densificación de viviendas y empleos del sector terciario. En estos casos se presentan mezclas de actividades rurales y urbanas, pero también diferentes tipos de usos del suelo y actividades productivas por lo que no se podría hablar estrictamente de zona rural.

5.2.1 Tema: Información general

Se identifica que la mayoría de la población solo ha cursado el nivel primario de estudios (57%), la distribución total de escolaridad se muestra en el Cuadro 5.8.

Cuadro 5.8. Nivel de escolaridad determinado entre las personas encuestadas.

Nivel	%
Primaria Incompleta	15,64
Primaria Completa	41,53
Secundaria Incompleta	16,78
Secundaria Completa	11,73
Universidad Incompleta	3,42
Universidad Completa	9,77

Cuadro 5.9. Habitantes por vivienda encuestada.

Personas por casa de habitación	%
1	6,7
2	13,8
3	20,1
4	25,2
5	19,5
6	8,8
de 7 a 14	5,9

En el Cuadro 5.9 se desprende que la mayoría de los hogares están compuestos por 3 y 4 personas, dato que coincide con los datos brindados por el INEC 2011.

5.2.2 Tema: Residuos Sólidos

El 89 % de los consultados indican que poseen recolección municipal de residuos sólidos, un 55 % indican que en sus casas ellos saben cómo separar los materiales, para ser enviados a centros de acopio de residuos valorizables, también un 4 % indican que reutilizan dichos materiales, y un 49 % evitan comprar materiales desechables. En el Cuadro 5.10 se observa los diferentes sitios de acopio para la gestión de residuos sólidos.

Cuadro 5.10. Sitios de acopio de materiales valorizables en la provincia de Cartago.

Lugares donde se acopian residuos sólidos valorizables	Porcentaje %
Campañas reciclaje	11
Centro de acopio de la Municipalidad	17
Centro de acopio de las ASADAs	1
Recolector Privado	15
Centros de acopio en Escuelas	6
Centro de acopio de la Asociación comunal	3
No participa en programas de reciclaje	45

5.2.3 Tema: Aguas residuales

La mayoría de la población utiliza tanque séptico para el tratamiento de aguas provenientes de los inodoros, como se observa en el Cuadro 5.11. Por otra parte, un 76 % de las viviendas cuentan con un único servicio sanitario y el 86 % utilizan inodoros de tamaño convencional (13 a 23 litros por descarga).

Cuadro 5.11. Sistemas de tratamiento de aguas negras.

Sistema de tratamiento	% de viviendas que utilizan
Tanque séptico	88,60
Letrina	0,65
Alcantarillado	6,68
Caño	0,49
NS/NR	2,77

Otro dato importante es que 100% de las aguas grises generadas en los hogares no tienen ningún tratamiento y son descargas de esa forma a ríos y quebradas.

La carga de contaminación a dichos cuerpos de agua es cada vez mayor debido al aumento de la población y a la inexistencia de infraestructura para tratar las aguas grises. Esta situación se repite no solo en toda la Provincia de Cartago sino en todo Costa Rica.

5.2.4 Tema: Agua Potable

El 94,3% del total de hogares consultados dieron respuesta sobre la tarifa que cobran las ASADAs por el servicio del acueducto, en Cuadro 5.12, se observa que el 68,9% de los hogares pagan una tarifa comprendida entre 1 500 colones y 5 000 colones y el 24,0% pagan una tarifa entre 5001 y 12 000 colones y el restante 7,1% pagan tarifas mayores.

Cuadro 5.12. Escala de las tarifas que pagan los usuarios por el servicio del acueducto ASADAs Provincia de Cartago.

Intervalo de la tarifa/mes en colones	% de hogares
1 500 a 5 000	68,90
5 001 a 8 000	24,00
8 001 a 12 000	4,30
Mayor a 12 001	2,80

Con respecto de la pregunta ¿Usted trata el agua que consume? La respuesta obtenida fue que el 90% de los hogares encuestados no tratan el agua que las ASADAs le suministran y el 10% contestaron que realizan algún tratamiento como la instalación de un filtro a la tubería que ingresa a la vivienda. Esto es una evidencia de la confianza de las personas sobre la calidad del agua que se les suministra por medio de su ASADA.

En la pregunta sobre el grado de satisfacción que posee la población acerca de la calidad del agua que suministran, según Cuadro 5.13, se puede concluir que el 90,40% de la población está muy satisfechos y satisfechos, con la calidad del agua que reciben de las ASADAs.

La buena gestión de las ASADAs se ve reflejada en este indicador.

Cuadro 5.13. Grado de satisfacción de la comunidad a la calidad del agua que suministran las ASADAs.

Grado de satisfacción	% de hogares
Muy satisfecho	48,60
Satisfecho	41,80
Medianamente satisfecho	7,34
Insatisfecho	2,30

En que lo respecta del uso de dispositivos hidráulicos de bajo consumo de agua, instalados en los hogares, la respuesta fue que el 32,0% poseen estos dispositivos instalados principalmente en las llaves del fregadero, duchas, lavatorios y sanitarios de bajo consumo. El restante 68,0% no poseen ningún dispositivo de bajo consumo de agua instalados en sus hogares. Ese porcentaje de personas que han instalado los dispositivos evidencia una conciencia ambiental importante dado que el costo de los mismos no es bajo.

5.2.5 Tema: Compromiso social en actividades de índole ambiental

Solamente el 20 % de los consultados participan en actividades de desarrollo comunal, juntas directivas de las ASADAS, o se involucran en la política o actividades de reciclaje. Aunque el 50 % de los entrevistados conocen la labor de la ASADA.

También se detectó que el principal problema ambiental que perciben las personas son los residuos sólidos, pero llama la atención que el 34% de los entrevistados no saben ni responden a esta pregunta.

Al preguntárseles si voluntariamente realizaban labores para ahorrar agua potable, el 94% afirma que sí ahorra el agua ya sea cerrando el tubo mientras se lavan los dientes, reutilizar el agua de la lavadora, lavar el auto con cubeta, utilizar agua de lluvia. Un 32 % de la muestra utiliza dispositivos de ahorro de agua, a pesar del alto costo de los mismos.

En la Figura 5.32, se presenta un análisis de causa – efecto de la sostenibilidad del suministro de agua potable en la Provincia de Cartago a través de ASADAS.

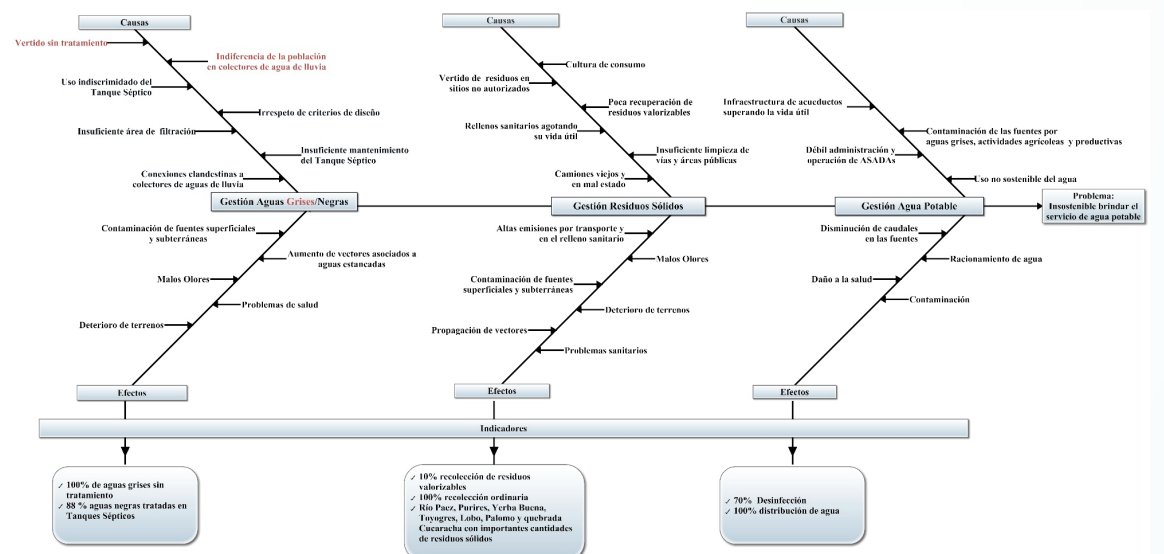


Figura 5.32. Análisis causa - efecto del sistema de agua potable de las ASADAS de la Provincia de Cartago.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Agua Potable

Mediante la aplicación del instrumento SERSA se pudo establecer el riesgo en cada uno de los componentes del acueducto de estas cuatro ASADAs:

Captaciones:

- Para las 14 captaciones tipo naciente el 7% están en riesgo alto, el 79% se ubican en un riesgo intermedio y el restante 14% en riesgo bajo. Con base en este panorama se puede establecer que estos componentes poseen un riesgo moderado de que el agua captada se contamine desde inicio del acueducto, lo cual nos conlleva a que el sistema de abasto sea muy vulnerable y no garantice agua que cumpla con los requerimientos de la normatividad vigente de la calidad de agua para abasto humano - Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015 y sea necesario diponder de sistemas de potabilización.
- Con respecto a la medición de la oferta del agua por cada una de las fuentes disponibles en cada acueducto solo dos ASADAs, poseen la cultura de realizar aforos cada mes en sus fuentes, realizando la medición del caudal captado solamente y no se realiza el aforo del caudal que les ofrece la cada fuente.

Tanques de almacenamiento:

- De los 10 tanques que se encuentran en funcionamiento el 70% poseen un riesgo intermedio y el restante 30% poseen un riesgo intermedio.
- La práctica se realizar aforos del caudal de ingreso a cada tanque de almacenamiento no se realiza y de igual manera se posee medición del agua que sale de los tanques a la comunidad.
- Para establecer el volumen de cada tanque no se tiene ninguna referencia que se haya realizado algún cálculo para establecer el volumen requerido según caudal que le llega a cada tanque y la población a atender, es decir, estas estructuras hidráulicas no garantizan reservas para los consumos variables, para realizar reparaciones y menos para atender la demanda en caso de incendios.

Desinfeccion:

- De los dos acueductos evaluados uno pose sistema de desinfección mediante la tecnología de “desinfección con pastillas” y el otro además de este sistema tiene dos sistemas de electrólisis. De los 4 sistemas de cloración el 25% posee un riesgo alto y el 75% posee un riesgo intermedio.
- Todos los sistemas no tienen cámaras de contacto de cloro, se dosifica a tasa constante en los tanques de almacenamiento, por lo cual los tiempos de residencia del cloro se desconocen, la mezcla no es homogénea en toda el área del tanque, no se dispone de información del caudal que ingresa a los tanques y se desconoce de la demanda de agua durante el día. En la mayoría de los casos se desconoce la concentración de la solución de cloro aplicada, con respeto a la dosificación de la solución de cloro en muchos casos no se reporta este valor.

- Cabe resaltar que en algunos sistemas de desinfección la dosificación tiene deficiencias técnicas, ya que el goteo no se verifica con medición de volumen y tiempo.
- No se dispone de información sobre la curva de demanda de cloro del agua que llega al tanque en cada uno de los acueductos evaluados.
- Existen sistemas de cloración que son construidos por el personal operativo de las ASADAs, lo cual hace que la operación de la desinfección posea mayores deficiencias en la preparación y aplicación de la solución de cloro.
- Los equipos de cloración no están debidamente calibrados y la gran mayoría son equipos que ya cumplieron su vida útil y además su medición es subjetiva debido a su observación por comparación de colores.

En resumen, se puede concluir que los sistemas de abasto de agua potable, en estos dos acueductos poseen riesgos intermedios en cada uno de los componentes evaluados, lo cual no garantiza que el acueducto cumpla con los parámetros de eficiencia como cobertura, cantidad, calidad y continuidad en el servicio de agua potable.

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación de las ASADAs de: **Cooperosales y Quebradilla** pertenecientes al Cantón Central, con respecto del estado de cada uno de los componentes de cada acueducto y teniendo en cuenta la nueva normatividad de calidad del agua - Costa Rica Poder Ejecutivo, 2015, se recomienda que el Ministerio de Salud a través de la Dirección de Área Rectora de Salud, promueva que se analice cada una de las ASADAs que están dentro de la jurisdicción de Central y que no fueron contempladas en este estudio.

Dichas evaluaciones son fundamentales para la toma de decisiones en el nivel Regional de Salud dada la importancia que tiene la cantidad, calidad y continuidad en un servicio de agua potable para la salud de la población, con el fin de garantizar en un corto plazo que los servicios de abasto de agua potable sean sostenibles.

6.2 Recomendaciones Generales

En el plan Nacional de Desarrollo Alberto Cañas Escalante 2015-2018 se indica claramente que dentro de las amenazas al ambiente está la contaminación de aguas por descargas de aguas residuales y el vertido de residuos sólidos a las fuentes de agua superficial. Dentro de los objetivos sectoriales está “fomentar acciones ante el cambio climático global mediante la participación ciudadana, el cambio tecnológico, procesos de innovación, investigación y conocimiento para garantizar el bienestar, la seguridad humana y la competitividad del país”. Muy claramente se describen los resultados esperados, indicadores y línea base con que el país cuenta. Es claro que sí existen políticas y acciones que se deben llevar a cabo, pero los actores responsables de aplicar estas políticas parece que no poseen los recursos adecuados para el cumplimiento de las mismas.

También se menciona en dicho plan, los resultados de mejora de condiciones en riberas de ríos como El María Aguilar, situación que se repite en todo el país y en la que se debe trabajar también. La gestión local participativa tiene un papel muy importante en todos estos procesos, pero deben contar con la educación ambiental necesaria.

De acuerdo con los Objetivos del Milenio que declaró la ONU año 2000, el objetivo 7 es “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente”. Es así como para el año 2015 se esperaba que 91% de la población mundial utilizara una fuente de agua mejorada en comparación con el 76% en 1990. Costa Rica ha superado esta meta, pero en el tema de saneamiento mejorado no la hemos alcanzado (ONU, 2015).

En ese mismo informe 2015 ODM, se recalca que se debe contar con datos e información veraz si se quiere el desarrollo de los países. Pero algo fundamental que también potencia la información, es que estén acordes con las políticas del gobierno.

De acuerdo con este estudio, la sostenibilidad del recurso hídrico depende de contar con un saneamiento sostenible tanto en zonas rurales como urbanas.

Costa Rica como país que se vende para un turismo “verde” debe trabajar con un enfoque más integral en dicha sostenibilidad.

En este sentido, también en este informe que estamos entregando queremos resaltar la importancia de la validez, pertinencia, coordinación y centralización de la información para la toma de decisiones en todos los niveles de las organizaciones gubernamentales. Es imposible tomar buenas decisiones sin información correcta.

No encontramos durante todo el estudio un ente o institución que tenga una base de datos consolidada con respecto del agua y saneamiento en La Provincia de Cartago, y mucho menos del país. La información está dispersa en muchas instituciones y estas no se comunican ni comparten entre sí, por lo que a la hora de buscar la información se pierde tiempo, recursos y en muchos casos se duplica la información. Al final no se puede confiar en la veracidad de informaciones parciales.

El hecho de no contar con información oportuna y veraz pone en riesgo la sostenibilidad del recurso hídrico, ante un escenario de cambio climático muy evidente, agrava las condiciones de saneamiento ambiental y desperdicia los recursos económicos que para nuestro país son escasos. No podemos darnos esa clase de lujos, a la hora de administrar los recursos y mucho menos poner en riesgo la población.

La inversión en infraestructura de saneamiento, educación ambiental, capacitación a ASADAs, apoyo en asistencia técnica a ASADAs, base de datos centralizada con sistemas de actualización que pueden ser ejecutados por universidades, tiene un retorno que no es cuantificable, pero si se puede medir en términos de una mejor calidad de vida para los costarricenses y un ambiente más sostenible.

7. Referencias bibliográficas

- Asamblea Legislativa República de Costa Rica. (1996). Ley Forestal. *Diario Oficial La Gaceta*, (72), 1–102.
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), & Sistema de Integración Centroamericana (SICA). (2010). *Estrategia Regional de Cambio Climático*. El Salvador.
- Congreso Constitucional de la República de Costa Rica. Ley de Aguas N°276 (1942). Costa Rica.
- Contraloría General de la República de Costa Rica. (2013). *Informe de la auditoría de carácter especial sobre la razonabilidad del control ejercido por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados sobre la gestión de las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunes*. San José.
- Costa Rica Poder Ejecutivo. (2009). DIVISIÓN TERRITORIAL ADMINISTRATIVA DE COSTA RICA SEGÚN DECRETO N° 35213-MG. *Diario Oficial La Gaceta*, (100). Retrieved from <http://www.ifam.go.cr/PaginalFAM/ifams/Descargas/CDI/Legal/División Territorial CR Publicado en La Gaceta 26 mayo 2009.pdf>
- Costa Rica Poder Ejecutivo. Reglamento para la Calidad del Agua Potable No 38924-S (2015). Costa Rica: Imprenta Nacional. Retrieved from https://www.imprentanacional.go.cr/pub/2015/09/01/ALCA69_01_09_2015.pdf
- Gandini, M. ., Pérez, M. ., & Madera, C. . (2005). Política de Control de Contaminación Hídrica en Colombia. In *I Conferencia en Lagunas de Estabilización y Reuso*. Cali.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos - CR). (2012). *X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011*. San José. Retrieved from <http://www.inec.go.cr/AMS/Censos/Censo 2011/Cifras preliminares/01. Resultados Generales Censo 2011.pdf>
- Instituto Geográfico Nacional. (n.d.). Cantón 308 El Guarco. San José. Retrieved from <http://mapasdecostarica.info/atlas-cantonal-costa-rica/>
- Lockwood, H. (2002). *Mecanismos de apoyo institucional*. Washington, DC.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, & PNUMA. (2009). *Plan de Desarrollo Humano Local 2010-2020, Cantón El Guarco*. San José. Retrieved from <http://www.ifam.go.cr/PaginalFAM/docs/PRODUCTOS FOMUDE 2006-2011/R4-Productos/P23 Planes DHL y Agendas Distritales/ Planes de Desarrollo Humano Cantonal/Plan de Desarrollo Humano Local Cantón El Guarco.pdf>
- ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe de 2015. Naciones Unidas*. Retrieved from http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf
- Organización Meteorológica Mundial (OMM), & PNUMA. (2007). *IPPC 2007*. Ginebra.
- Osorio, C., & Espinosa, S. (n.d.). No Title. *Participación Comunitaria En Los Problemas Del Agua*.
- Pérez Vidal, A., Torres Lozada, P., & Cruz Vélez, C. H. (2009). Fundamentos y Perspectivas de Planes de Seguridad del Agua. *Revista Ingeniería E Investigación Vol 29 N°3*.
- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2002). *Metodología de la Investigación*.
- Silva Rodríguez De San Miguel, J. A. (2014). Propuesta de un modelo de gestión comunitaria del agua en México. In *XIX Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática*. México D.F.
- Tecnológico de Costa Rica. (2014). Atlas Digital de Costa Rica 2014 ©. Cartago.

8. Apéndices

8.1 Encuesta a usuarios de ASADAs en la Provincia de Cartago.

46

ASADASEN EL CANTÓN CENTRAL

Bloque 1: Identificación y Localización										
1.1 Código Localización 30 <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	1.2 Código ASADA <input type="text"/> <input type="text"/>	1.3 Número encuesta	1.4 Fecha	1.5 Código Evaluador <input type="text"/>						
1.6 Nombre entrevistado:										
1.7 Escolaridad: Escuela (C)(I) Secundaria (C)(I) Universidad (C)(I)										
1.8 Número de personas que habitan en su casa:		1	2	3	4	5	6	7	8	9

Bloque 2: Agua potable, usos y tratamiento								
2.1 ¿Cuánto paga de agua mensualmente?		2.2 ¿Usted trata el agua que consume?		2.3 ¿Qué tratamiento utiliza?				
		SI <input type="text"/>	NO <input type="text"/>	Cloro <input type="text"/>	Filtro <input type="text"/>	Ozono <input type="text"/>	UV <input type="text"/>	Otro <input type="text"/>
2.4 El agua que recibe generalmente presenta:		2.5 ¿Está satisfecho con la calidad del agua que recibe?						
Turbiedad <input type="text"/>	Olor <input type="text"/>	Sabor <input type="text"/>	Muy satisfecho <input type="text"/>	Satisfecho <input type="text"/>	Medianamente satisfecho <input type="text"/>	Insatisfecho <input type="text"/>		
2.6 ¿Cuál de las siguientes acciones realizan en su casa para disminuir el consumo de agua?								
Cerrar el tubo al lavar dientes <input type="text"/>	Cerrar el tubo mientras se enjabona en la ducha <input type="text"/>	Reutiliza el agua de la lavadora <input type="text"/>	Cerrar el tubo mientras enjabona los platos <input type="text"/>	Lavar el auto con cubeta <input type="text"/>	Utilizar agua de lluvia <input type="text"/>			
2.7 En su casa cuenta con dispositivos de ahorro de agua								
No () continúe en la pregunta 2.8			Si () indique cuáles de los siguientes					
Inodoros de bajo consumo <input type="text"/>	Duchas de bajo consumo <input type="text"/>	Llaves de lavamanos ahorradoras de agua <input type="text"/>	Pistola en manguera para regar jardín <input type="text"/>	Llaves del lavaplatos de bajo consumo <input type="text"/>	Tanque para captar agua de lluvia <input type="text"/>			

2.8 El suministro de agua en su casa es:			
Continuo <input type="checkbox"/>	Ausencia < 6 horas <input type="checkbox"/>	Ausencia < 12 horas <input type="checkbox"/>	Esporádico <input type="checkbox"/>
2.9 ¿Usted almacena agua? Si (), No ()			
Tanque <input type="checkbox"/>	Recipientes <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>	Compra agua <input type="checkbox"/>

Bloque 3: Agua Residual manejo y tratamiento

3.1 Las excretas se disponen en:						
Tanque séptico <input type="checkbox"/>	Letrina <input type="checkbox"/>	Compostera <input type="checkbox"/>	Biojardinera <input type="checkbox"/>	Alcanta rillado <input type="checkbox"/>	Caño <input type="checkbox"/>	NS/NR <input type="checkbox"/>
3.2 Tipo de inodoro		3.3 Número de equipos				
Convencional <input type="checkbox"/>	Bajo consumo <input type="checkbox"/>	Inodoros <input type="checkbox"/>	Duchas <input type="checkbox"/>	Lavamanos <input type="checkbox"/>	Fregaderos <input type="checkbox"/>	Pilas <input type="checkbox"/>

El tanque de excretas							
3.4 Material construcción del tanque					3.5 Posee área drenaje		
Fibra vidrio <input type="checkbox"/>	Tubo Alcantarilla <input type="checkbox"/>	Concreto <input type="checkbox"/>	PVC <input type="checkbox"/>	NS/NR <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	NS/NR <input type="checkbox"/>
3.6 El drenaje está ubicado					Observaciones:		
Adelante <input type="checkbox"/>	Lado <input type="checkbox"/>	Debajo <input type="checkbox"/>	Atrás <input type="checkbox"/>	NS/NR <input type="checkbox"/>			
3.7 Ha detectado malos olores		3.8 En que época del año					
Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	En Verano <input type="checkbox"/>	En Invierno <input type="checkbox"/>	Todo el año <input type="checkbox"/>			
3.9 Cerca de su casa existen							
Criaderos de dengue <input type="checkbox"/>	Aguas sucias (grises) <input type="checkbox"/>	Botaderos de basura <input type="checkbox"/>	Lotes abandonados con basura <input type="checkbox"/>				

Para uso encuestador

Se observan aguas residuales saliendo por el caño Si () No ()
 Se identifican malos olores asociados a las aguas Si () No ()

Bloque 4: RS y percepción de problemas ambientales																			
4.1 La Municipalidad le brinda servicio de recolección de RS			4.2 En su casa separa los RS			4.3 En su casa se reutilizan materiales			4.4 En su casa evitan comprar materiales desechables										
Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>								
4.5 Donde dispone sus RS																			
Patio	<input type="checkbox"/>	Botadero Cercano	<input type="checkbox"/>	Río/ Quebrada	<input type="checkbox"/>	Quema	<input type="checkbox"/>	Camión Privado	<input type="checkbox"/>	Camión Municipal	<input type="checkbox"/>								
4.6 A donde lleva el material para reciclar																			
Escuela	<input type="checkbox"/>	Municipalidad	<input type="checkbox"/>	Asociación Comunal	<input type="checkbox"/>	Campañas Reciclaje	<input type="checkbox"/>	ASADA	<input type="checkbox"/>	Privado	<input type="checkbox"/>								
4.7 Cuáles de los siguientes materiales separa de la basura:																			
Plásticos	<input type="checkbox"/>	Metales	<input type="checkbox"/>	Vidrio	<input type="checkbox"/>	Cartones/ Papel	<input type="checkbox"/>	Baterías	<input type="checkbox"/>	Venenos (agroquímicos, Cloro, medicamentos, pinturas, etc.)	<input type="checkbox"/>	Agujas	<input type="checkbox"/>	Electrónicos	<input type="checkbox"/>				
4.8 Enfermedades sufridas en su casa en los últimos seis meses				4.9 Participa de alguna actividad de desarrollo comunal			4.10 Conoce las labores del acueducto		4.11 Según su opinión: ¿Cuál es el principal problema ambiental de su comunidad?										
Diarrea	<input type="checkbox"/>	Vómitos	<input type="checkbox"/>	Piel	<input type="checkbox"/>	Ninguna	<input type="checkbox"/>	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	RS	<input type="checkbox"/>	AR	<input type="checkbox"/>	Inundación	<input type="checkbox"/>	AP	<input type="checkbox"/>

8.2 Códigos empleados en las encuestas

Código Ubicación	Código Ubicación
30101 Oriental	30403 Pejibaye
30102 Occidental	30501 Turrialba
30103 Carmen	30502 La Suiza
30104 San Nicolás	30503 Peralta
30105 Aguacaliente o San Francisco	30504 Santa Cruz
30106 Guadalupe o Arenilla	30505 Santa Teresita
30107 Corralillo	30506 Pavones
30108 Tierra Blanca	30507 Tuis
30109 Dulce Nombre	30508 Tayutic
30110 Llano Grande	30509 Santa Rosa
30111 Quebradilla	30510 Tres Equis
30201 Paraíso	30511 La Isabel
30202 Santiago	30512 Chirripó
30203 Orosi	30601 Pacayas
30204 Cachí	30602 Cervantes
30205 Llanos de Santa Lucía	30603 Capellades
30301 Tres Ríos	30701 San Rafael
30302 San Diego	30702 Cot
30303 San Juan	30703 Potrero Cerrado
30304 San Rafael	30704 Cipreses
30305 Concepción	30705 Santa Rosa
30306 Dulce Nombre	30801 El Tejar
30307 San Ramón	30802 San Isidro
30308 Río Azul	30803 Tobosi
30401 Juan Viñas	30804 Patio de Agua
30402 Tucurrique	

Código	Nombre de ASADA	Código	Nombre de ASADA
1	ASADA El Congo	46	ASADA Urbanización Llanos de Doña Flora
2	Acueducto El Cerro	47	ASADA San Ramón
3	ASADA Las Mesas y Mesitas	48	ASADA Juan Viñas
4	ASADA Santa Eduviges	49	ASADA Buenos Aires
5	ASADA San Martín	50	ASADA Altos de Araya
6	ASADA San Miguel	51	ASADA Eslabón
7	ASADA Palo Verde	52	ASADA El Carmen, El Silencio, y Canadá
8	ASADA San Joaquín	53	ASADA El Humo
9	ASADA Urbanización Rojas Quirós	54	ASADA Piedra Azul

10	ASADA Las Colonias	55	ASADA La Flor
11	ASADA La Cangreja	56	ASADA Pacayitas
12	ASADA Jicotea	57	ASADA Jabillos
13	ASADA Mollejones	58	ASADA Colorado
14	ASADA Peralta	59	ASADA Cañón
15	ASADA Las Nubes	60	ASADA El Sauce
16	Acueducto Calle Valverde	61	ASADA El Yaz
17	ASADA Santa Eduvigis	62	ASADA Aquiares
18	ASADA Río Claro	63	ASADA Ojo de Agua Sictaya
19	Acueducto Coris Norte	64	ASADA Palomo
20	Acueducto Cooperosales	65	ASADA Pavones
21	Asada Verbena Sur	66	ASADA Paso Ancho-Boquerón
22	ASADA San Antonio	67	ASADA Torrealba
23	ASADA La Pastora	68	ASADA Higuito
24	ASADA Las Brisas de Jesús María	69	ASADA El Mora
25	ASADA Guayabo Abajo	70	ASADA San Isidro
26	ASADA Los Alpes	71	ASADA Santiago
27	ASADA Empalado La Angelina	72	ASADA Santa Cruz
28	ASADA Tayutic	73	ASADA Carmen Lyra
29	ASADA Guatuso	74	ASADA Pejibaye
30	ASADA Alto Varas	75	ASADA Santa Rosa
31	ASADA Colonias de Guayabo	76	ASADA San Juan Norte, Sur y Noche
32	ASADA El Recreo	77	Acueducto Quebradilla
33	ASADA El Coyol	78	ASADA Cipreses
34	ASADA Tres Equis	79	ASADA Orosi
35	ASADA Potrero Cerrado	80	ASADA La Suiza
36	ASADA Santa Teresita	81	ASADA Cot
37	ASADA Santa Rosa		
38	ASADA Tucurrique		
39	ASADA Colonias de La Suiza		
40	Asociación Administradora de Acueductos y Alcantarillado Sanitario San Vicente		
41	ASADA Cien Manzanas de San Miguel de Tuis		
42	ASADA San Antonio		
43	Asociación Administradora de Acueductos y Alcantarillado Sanitario San Vicente		
44	ASADA Río Macho		

8.3 Guía para la realización de aforos

Aforo Volumétrico

¿Qué es el aforo?

El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado.

El aforo por método volumétrico consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido.

Materiales necesarios:



Recipiente de volumen conocido, adecuado para el caudal a medir



Cronómetro



Libreta y lápiz

Pasos a seguir en campo:

1. Colocar el recipiente en un lugar donde se desvíe todo el caudal a medir y que permita estabilidad
2. Medir con el cronómetro el tiempo que tarda en llenarse el recipiente y anotar el valor
3. Repetir las mediciones 7 veces

Pasos a seguir en la oficina:

1. Anotar los valores de volumen del recipiente en Litros y los 7 tiempos de llenado en segundos en la ficha

- Para calcular el promedio se debe:



Sumar los 7 valores de tiempo obtenidos



Dividir el resultado de la suma entre 7

- Para calcular el caudal se debe:



Dividir el volumen del recipiente usado entre el promedio

Ejemplo:

Se realizó el aforo de una naciente con un recipiente de **20 L** y se obtuvieron los siguientes 7 tiempos de llenado en **segundos**: **16,41 – 17,31 – 17,27 – 16,32 – 16,84 – 17,08 – 16,68**

1. Se anotaron los valores en la ficha de registro
2. Se suman los valores: **$16,41 + 17,31 + 17,27 + 16,32 + 16,84 + 17,08 + 16,68 = 117,91$ s**
3. Se divide el resultado de la suma entre 7: **$117,91 \text{ s} \div 7 = 16,84$ s (Promedio)**
4. Se divide el volumen del recipiente entre el promedio: **$20 \text{ L} \div 16,84 \text{ s} = 1,19$ L/s (Caudal)**

Elaborado por Laura Ureña Vargas 2016

8.4 Formato para el registro de los aforos

52

ASADAS EN EL CANTÓN CENTRAL

Registro de aforos, ASADA _____						
(Mes, año)						
Fuente:						
Fecha:						
Volumen (L):						
Medición	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Promedio (s):						
Caudal (L/s)						
Firma						
Responsable:						

(Mes, año)						
Fuente:						
Fecha:						
Volumen (L):						
Medición	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):	Tiempo (s):
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Promedio (s):						
Caudal (L/s)						
Firma						
Responsable:						

