

UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTAD DE TIERRA Y MAR  
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES

**PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL  
RECURSO HÍDRICO (GIRH) EN LA MICROCUENCA  
MARAVILLA-CHIZ, CARTAGO, COSTA RICA**

Modalidad: Proyecto de Graduación

NATALIA ALVARADO SANDOVAL

LUIS ALFREDO ROJAS QUIRÓS

JOSÉ FRANCISCO SIBAJA ALVARADO

Heredia, 2019

## ACTA DE APROBACIÓN

El Tribunal Examinador aprobó el trabajo titulado

PROPUESTA DE PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO (GIRH)  
EN LA MICROCUENCA MARAVILLA-CHIZ, CARTAGO, COSTA RICA.

Como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Gestión Ambiental con  
énfasis en Ingeniería Sanitaria

Miembros del Tribunal

---

Dr. Jorge Herrera Murillo  
Representante del Decano Facultad de Tierra y Mar


---

M. Sc. Igor Zúñiga Garita  
Director Escuela Ciencias Ambientales



---

M. Sc. Alicia Fonseca Sánchez  
Tutora



---

M. Sc. Viviana Salgado Silva  
Lectora



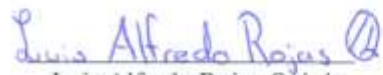
---

M. Sc. Geannina Moraga López  
Lectora



---

Natalia Alvarado Sandoval  
Estudiante



---

Luis Alfredo Rojas Quirós  
Estudiante



---

José Francisco Sibaja Alvarado  
Estudiante

Fecha: 09 de agosto del 2019

## **RESUMEN**

La microcuenca Maravilla Chíz ubicada en los cantones de Jiménez y Alvarado de la provincia de Cartago, muestra una carencia de un proceso de gestión integral del recurso hídrico (GIRH). La calidad de agua superficial se encuentra degradada debido problemáticas como: el sobreuso y la erosión del suelo, el uso intensivo de plaguicidas, la generación de aguas residuales sin tratamiento, el irrespeto a las zonas de protección, entre otras.

Con el fin de consolidar una propuesta para un plan de gestión integral de recurso hídrico, se definió una línea base. Para esto se analizó la calidad fisicoquímica del agua superficial mediante el Índice Holandés y se evidenció contaminación en los tres principales ríos (Chíz, Maravilla y Quebrada Honda) en las zonas alta, media y baja de la microcuenca, siendo en mayor grado en la parte media y baja. Los plaguicidas clorpirifós, tebuconazol y clorotalonil se encontraron únicamente en Quebrada Honda, específicamente en su parte alta.

Para evaluar la calidad biológica se utilizó índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica). En la parte alta de la microcuenca, los cursos de agua más afectados fueron el Río Maravilla y la Quebrada Honda, con “aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas” durante todo el año, en todos los sitios de muestreos.

Una vez completado el proceso de diagnóstico de la zona de estudio y la definición de la línea base, se inició con el proceso de determinar los indicadores PER (presión, estado, respuesta) incorporados en la propuesta de Plan de Gestión Integral del Recurso Hídrico.

En este se incluyen acciones mitigación, adaptación y recuperación de la microcuenca; su objetivo es llevar a cabo acciones de protección ambiental, con participación de los actores sociales, para mejorar la calidad de vida de los habitantes. En total, se seleccionaron 17 indicadores de estado, 7 de presión y 18 de respuesta.

## DEDICATORIA

A nuestras familias y amistades que nos apoyaron durante el tiempo de realización de este trabajo, al Laboratorio de Hidrología Ambiental de la Universidad Nacional por facilitar la oportunidad de realizar este trabajo y especialmente a la M. Sc Alicia Fonseca por mantener un gran compromiso con esta investigación y su valioso aporte y tiempo al trabajo final.

## Índice de Contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. PROBLEMA.....	5
4. OBJETIVOS.....	7
4.1. Objetivo general.....	7
4.2. Objetivos específicos .....	7
5. MARCO CONCEPTUAL .....	8
5.1. Gestión Integrada del Recurso Hídrico.....	8
5.2. Las cuencas hidrográficas .....	10
5.3. La participación social en procesos GIRH .....	11
5.4. Legislación ambiental en Costa Rica.....	12
5.5. Concepto y aspectos generales de los indicadores.....	14
5.5.1 Características de los indicadores .....	15
5.5.2 Indicadores de Presión - Estado - Respuesta (P-E-R).....	16
5.6 Acciones de manejo integral para la microcuenca.....	16
6. METODOLOGÍA.....	17
6.1. FASE I: Diagnóstico de la microcuenca Maravilla-Chiz. ....	17
6.1.1 Recopilación y análisis de información secundaria .....	17

6.1.2 Recopilación de información primaria.....	17
6.1.3. Evaluación participativa de la microcuenca Maravilla-Chiz .....	22
6.2. FASE II: Determinación de indicadores .....	23
6.2.1. Generación y definición de los indicadores .....	23
6.2.2. Selección de indicadores .....	24
6.3. FASE III: Elaboración del plan de gestión integral del recurso hídrico para la microcuenca .....	24
7. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	25
7.1. FASE I: Diagnóstico de la microcuenca Maravilla-Chiz .....	25
7.1.1. Zonas de la microcuenca .....	26
7.1.2. Fuentes potenciales de contaminación .....	27
7.1.3. Definición de la muestra estadística.....	29
7.1.4. Información socioeconómica.....	30
7.1.5. Información Hídrica y uso de suelo en la Microcuenca .....	32
7.1.6. Análisis de la información ambiental recolectada mediante el proceso de encuestas en la población de Juan Viñas.....	34
7.1.7. Análisis de la información ambiental recolectada mediante el proceso de encuestas en la población de Capellades.....	44
7.1.8. Análisis de la información ambiental recolectada mediante el proceso de encuestas en la población de Murcia.....	50
7.1.9. Mapeo de Actores.....	50

7.1.10. Información ambiental.....	54
7.1.11. Taller de Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) 67	
7.2. FASE II: DETERMINACIÓN DE INDICADORES .....	70
7.2.1. Generación y definición de los indicadores.....	70
7.2.2. Matriz de selección de indicadores.....	92
7.3. FASE III: Propuesta del Plan de Gestión Integral del Recurso Hídrico .....	95
7.3.1. Elaboración del PGIRH.....	95
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	108
9. BIBLIOGRAFÍA .....	111
10. ANEXOS .....	122



## Índice de Cuadros

<b>Cuadro 1. Legislación nacional relevante para la GIRH.....</b>	<b>13</b>
<b>Cuadro 2. Distribución de las encuestas aplicadas en la zona de estudio, según la zonificación de la microcuenca Maravilla-Chiz, Cartago, Costa Rica .....</b>	<b>30</b>
<b>Cuadro 3. Mapeo de Actores de la Microcuenca de la Maravilla Chiz, categorizados según la metodología CLIP .....</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro 4. Descripción de los Sitios de la Red de Muestreo de agua superficial en la microcuenca Maravilla-Chiz.....</b>	<b>56</b>
<b>Cuadro 5. Índice Holandés en el Río Chiz de mayo del 2016 a febrero del 2017 .....</b>	<b>57</b>
<b>Cuadro 6. Índice BMWP-CR en el Río Chiz de mayo del 2016 a febrero del 2017 .....</b>	<b>59</b>
<b>Cuadro 7. Índice Holandés en el Río Maravilla de mayo del 2016 a febrero del 2017 .....</b>	<b>60</b>
<b>Cuadro 8. Índice BMWP-CR en el Río Maravilla de mayo del 2016 a febrero del 2017 .....</b>	<b>62</b>
<b>Cuadro 9. Índice Holandés en la Quebrada Honda de mayo del 2016 a febrero del 2017 .....</b>	<b>64</b>
<b>Cuadro 10. Índice BMWP-CR en la Quebrada Honda de mayo del 2016 a febrero del 2017 .</b>	<b>66</b>
<b>Cuadro 11. Análisis FODA de la situación de la microcuenca Maravilla-Chiz.....</b>	<b>68</b>
<b>Cuadro 12. Matriz Problema-Solución Indicador.....</b>	<b>85</b>
<b>Cuadro 13. Indicadores P-E-R seleccionados .....</b>	<b>93</b>
<b>Cuadro 14. Acciones de Mitigación del PGIRH para la Microcuenca Maravilla-Chiz.....</b>	<b>96</b>
<b>Cuadro 15. Acciones de recuperación del PGIRH para la Microcuenca Maravilla-Chiz.....</b>	<b>102</b>
<b>Cuadro 16. Acciones de adaptación del PGIRH para la Microcuenca Maravilla-Chiz .....</b>	<b>106</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1. Ubicación de la microcuenca Maravilla-Chíz, Cartago Costa Rica.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 2. Zonificación de la microcuenca Maravilla-Chíz, Cartago, Costa Rica.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 4. Fuentes puntuales y riesgo de contaminación en la Microcuenca Maravilla-Chiz... </b>	<b>28</b>
<b>Figura 5. Fuentes difusas de contaminación en la Microcuenca Maravilla-Chiz.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 6. Uso del suelo en la Microcuenca Maravilla-Chiz.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 7. Sistemas de tratamiento de aguas negras implementados en Juan Viñas. ....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 8. Antigüedad de los tanques sépticos en Juan Viñas.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 9. Detección de fallas en los tanques sépticos de Juan Viñas .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 10. Frecuencia de limpieza de los tanques sépticos en Juan Viñas.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 11. Utilización de trampas de grasa como parte del sistema sanitario en casas de habitación de la comunidad de Juan Viñas. ....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 12. Disposición final de las grasas en las casas de habitación que utilizan trampas de grasa en la comunidad de Juan Viñas.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 13. Características organolépticas presentes en el agua según percepción de usuarios en la comunidad de Juan Viñas. ....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 14. Distribución de la cobertura de los brindadores de servicio de agua potable según percepción de la comunidad de Juan Viñas.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 15. Cantidad de personas entrevistadas que afirman realizar alguna acción para ahorrar agua potable en la comunidad de Juan Viñas. ....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 16. Calidad del servicio de recolección de residuos sólidos en Juan Viñas.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 17. Disposición de residuos cuando no pasa el camión recolector en Juan Viñas.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 18. Sistemas de tratamiento de aguas negras implementados en Capellades.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 19. Antigüedad de los tanques sépticos de Capellades .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 20. Detección de fallas en los tanques sépticos de Capellades.....</b>	<b>45</b>

<b>Figura 21. Frecuencia de limpieza de los tanques sépticos en Capellades. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 22. Características organolépticas del agua potable según percepción de los habitantes de la comunidad de Capellades. ....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 23. Distribución de la cobertura de los brindadores de servicio de agua potable según percepción de la comunidad de Capellades. ....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 24. Cantidad de personas entrevistadas que afirman realizar alguna acción para ahorrar agua potable en la comunidad de Capellades. ....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 25. Calidad del servicio de recolección de residuos sólidos en Capellades. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 26. Disposición de residuos cuando no pasa el camión recolector en Capellades. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 27. Red de muestreo de ríos en la microcuenca Maravilla- Chiz. ....</b>	<b>55</b>

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1. Instrumento de aplicación de encuestas sobre la Gestión Integral de Recurso Hídrico (GIRH) en la microcuenca Maravilla-Chíz, Cartago Costa Rica .....</b>	<b>122</b>
<b>Anexo 2. Metodología CLIP .....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo 3. Categorización de los actores sociales según la metodología CLIP. ....</b>	<b>130</b>
<b>Anexo 4. Asignación de puntajes según el Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físicoquímico del Agua para cuerpos receptores.....</b>	<b>131</b>
<b>Anexo 5. Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de codificación por colores, basado en valores de PSO, DBO y nitrógeno amoniacal. ....</b>	<b>131</b>
<b>Anexo 6. Puntaje para las familias identificadas en Costa Rica. ....</b>	<b>131</b>
<b>Anexo 7. Clasificación de la calidad del agua en Función del Puntaje Total Obtenido .....</b>	<b>133</b>
<b>Anexo 8. Criterios de la matriz de selección de indicadores.....</b>	<b>133</b>
<b>Anexo 9. Imágenes de los sitios de muestreo en la Microcuenca Maravilla - Chiz. ....</b>	<b>135</b>
<b>Anexo 10. Resultados del Índice Holandés del Río Chiz.....</b>	<b>141</b>
<b>Anexo 11. Resultados del Índice Holandés del Río Maravilla.....</b>	<b>142</b>
<b>Anexo 12. Resultados del Índice Holandés del Río Quebrada Honda.....</b>	<b>142</b>
<b>Anexo 13. Resultados de análisis de plaguicidas. ....</b>	<b>143</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los desafíos de la humanidad se centran en alcanzar la conservación y sostenibilidad de los recursos hídricos y la satisfacción de las necesidades humanas, al tiempo que se garantice la armonía de los ecosistemas naturales. Los esfuerzos en este sentido deben enfocarse principalmente en la mejora de la condición de vida de los pobladores, al beneficio de sus necesidades vitales, el resguardo y preservación que aseguren la continuidad de los recursos. (UNESCO, 2012).

Ante esta realidad que se enfrenta, es imperante cambiar el enfoque en la gestión de los recursos naturales de una visión sectorial hacia una más integral. Los ecosistemas naturales se basan en la interacción continua de todos sus elementos, en el tiempo y en el espacio, por lo que es necesario aprovechar este conocimiento y utilizarlo en las acciones enfocadas a la protección del recurso hídrico desde la perspectiva de la cuenca hidrográfica; tomando en cuenta las relaciones entre los elementos que la componen (clima-relieve-suelo-vegetación). (Cotler, 2004).

Una de las principales dificultades para la conservación de los recursos es la falta de accionar en relación con el ordenamiento territorial. Este debe generarse mediante políticas de descentralización, fortalecimiento de las municipalidades tanto económico como institucional y técnico, y en conjunto con un manejo integral del territorio teniendo como referencia el nivel de cuencas para así garantizar la protección del recurso hídrico, indispensable para cualquier asentamiento humano y biológico, tal y como lo establece el Plan Nacional de Ordenamiento Territorial 2014-2020 (MIVAH, 2013).

En ese sentido, la falta de visión integral en la gestión del recurso hídrico ha generado un desarrollo desequilibrado con efectos negativos en la mayoría de cuencas en el país, lo cual representa el principal problema a atender en este trabajo. Tal es el caso de las microcuencas y subcuencas del Río Reventazón que, a falta de recursos (humanos, tecnológicos y económicos) y de una eficacia en el ordenamiento del territorio, acarrear

una gran cantidad de sedimentos y presentan diversos problemas de índole ambiental, los cuales afectan no solo el ecosistema y el recurso hídrico, sino también las actividades desarrolladas (COMCURE 2015).

## 2. JUSTIFICACIÓN

Desde la década de los años setenta se ha intentado generar iniciativas para que el ordenamiento territorial en el país se realice por medio de una gestión integrada de cuencas, no obstante, aún persiste una visión legal y administrativa segmentada que ha propiciado el deterioro de las principales fuentes de agua y de los recursos naturales en general. Esto evidencia la carencia de una visión de gestión ambiental integral, tanto en la planificación urbana como la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) en cuencas, que se fundamente en la interrelación del ecosistema y de la sociedad. Esta falta de visión de los distintos tipos de regionalización administrativa (Municipal, Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Salud, Ministerio de Planificación, Caja Costarricense del Seguro Social) complica la coordinación y la conservación de los recursos (Sánchez, 2003).

Los problemas de sectorización y falta de coordinación interinstitucional agravan el diseño de planes de gestión integrados para el recurso hídrico y aún más cuando se requiere la participación de numerosas municipalidades, por lo que es estratégico generar este tipo de herramientas a nivel de microcuenca que sirvan de insumo y permitan prevenir la contaminación o minimizar los efectos de degradación ambiental por la falta de coordinación e integralidad de los diferentes actores sociales e instituciones de un lugar en particular. Por esta razón, la propuesta de plan se focaliza en la integralidad de la gestión del recurso hídrico sobre una microcuenca como área de estudio.

En este tipo de gestión no solo deben considerarse los aspectos ambientales, sino también la articulación de los diferentes actores sociales de la microcuenca, pues es imprescindible la participación activa de la población, con el apoyo de sectores públicos y privados para así lograr un enfoque intersectorial (Sánchez 2003). Es justamente este vacío de la gestión integral del recurso hídrico lo que se pretende solucionar con esta investigación por medio de la propuesta generada.

Se trabajó en conjunto con el Proyecto “Herramientas para la Protección de las Subcuencas Quebrada Honda y Maravilla-Chiz”, código SIA280-15, desarrollado por el Laboratorio de

Hidrología Ambiental de la Universidad Nacional. A partir de este proyecto se pretende generar información de la situación ambiental de la microcuenca (Laboratorio de Hidrología Ambiental UNA 2014). Además, dicha propuesta será uno de los principales insumos para el proyecto vigente “Procesos de Gestión Integrada del Recurso Hídrico en las subcuencas Chiz-Maravilla y Quebrada Honda, Cartago, Costa Rica”, código SIA: 0015-17, segunda fase del proyecto antes mencionado.

Es importante indicar que el área de estudio se ubica en una zona geográfica con gran potencial hidrogeológico, localizada en la parte norte de la cuenca del río Reventazón, con un caudal disponible de 1.10 m<sup>3</sup>/s (PREVDA, 2008). Si a esta condición se le suman una serie de amenazas ambientales en la microcuenca, hacen de esta una zona prioritaria para abastecimiento, donde es oportuno realizar investigaciones que permitan generar propuestas de manejo y lograr aplicar medidas tanto ambientales como sanitarias.

Debido a las problemáticas y amenazas que se identifican, la generación de información es fundamental en el proceso piramidal de la gestión ambiental, necesaria para la toma de decisiones referentes a la protección y mejora del recurso hídrico (Cuello, 2011). Los sistemas de indicadores se han utilizado para el monitoreo de la calidad ambiental y representan una alternativa aplicable para el caso de la Microcuenca Maravilla-Chiz, creando un esquema en el cual se estructuren los indicadores, que se podrán utilizar para en la articulación de medidas que fomenten un desarrollo integral del recurso hídrico.

A partir de los análisis de estos índices se tienen que generar tanto pautas como medidas que logren una articulación de los diferentes actores sociales y por lo tanto un compromiso para lograr así una sostenibilidad en la microcuenca. De aquí la importancia de desarrollar e implementar una propuesta de plan de GIRH que ayude a lograr un equilibrio entre los centros de población de Capellades, Juan Viñas, Murcia y la microcuenca Maravilla-Chiz.



### 3. PROBLEMA

La microcuenca Maravilla-Chiz posee una extensión total de 46.8 km<sup>2</sup> (Fonseca et al 2018), se ubica en la provincia de Cartago y abarca parte de los cantones de Alvarado, Jiménez y una pequeña porción del cantón de Turrialba. Estos cantones están destinados a la producción agrícola, principalmente de caña de azúcar y café y, por ende, se han utilizado agroquímicos de forma intensiva para mejorar la calidad de las cosechas (IRET 2014). La presión sobre el recurso hídrico aumentó con el establecimiento de los centros de población de Capellades, Juan Viñas y Murcia. En muchos casos, estos terrenos destinados a la producción agrícola se encuentran rodeando fuentes de abastecimiento poblacional utilizadas por las Municipalidades y por las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS).

En la microcuenca Maravilla-Chiz se presentan diversas afectaciones, una de ellas es la erosión en los alrededores, ocasionada por la sobreutilización del suelo y el uso excesivo e intensivo de insumos agrícolas (fertilizantes y plaguicidas) en el 73% del distrito de Juan Viñas, para la producción de café y caña de azúcar. Además, se cuenta con deficiencias a nivel de infraestructura para el tratamiento sanitario, pues gran parte de las aguas residuales generadas en el distrito son drenadas a los diferentes cuerpos de agua superficiales y suelos de la microcuenca sin tratamiento sanitario (Jiménez, 2010).

Se han dado alternativas ambientales en la microcuenca gracias a instituciones públicas, con el objetivo de compensar y mitigar efectos adversos sobre el ambiente. La Comisión para el Ordenamiento y Manejo de Cuenca del Río Reventazón (COMCURE), creada en el año 2000, es un ejemplo. Sus metas se centran en vinculación con instituciones en temas agrosilvopecuarios, manejo forestal y actividades de educación ambiental, así como apoyar iniciativas amigables con el ambiente que mejoren el desarrollo de los poblados y la preservación de la cuenca enfocada en la protección del recurso hídrico (COMCURE, 2015). Entre las mejoras ambientales que se han impulsado en la microcuenca está la implementación de un modelo de gestión integrada para la separación y el manejo de los residuos sólidos ordinarios del distrito de Juan Viñas, proyecto que inició a plantearse en el

año 2004 y que en la actualidad gestiona adecuadamente el 90% de los residuos de Juan viñas (CIPA 2009). A pesar de los esfuerzos citados, no existe una vinculación institucional ni una adecuada gestión del recurso hídrico en la microcuenca.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Generar una propuesta de Plan de GIRH en la microcuenca Maravilla-Chiz, mediante un análisis del estado ambiental y de indicadores que promuevan procesos participativos para la conservación de los recursos naturales.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico de la dinámica entre los factores ambientales, sociales y económicos para la caracterización de la problemática.
- Generar indicadores ambientales, sociales y productivos para la obtención de información que permita el análisis del estado de la gestión integral del recurso en la microcuenca Maravilla-Chiz.
- Proponer acciones de mitigación, adaptación y recuperación de la microcuenca que permitan una articulación de actores que promueva la GIRH.

## 5. MARCO CONCEPTUAL

### 5.1. Gestión Integrada del Recurso Hídrico

A pesar de que el acceso al agua potable es un derecho humano no se cumple, ya que según datos de la WHO (2015) existen al menos 663 millones de personas sin acceso a agua potable y 2.500 millones no disponen de servicios de saneamiento sanitario adecuados.

Según indica la Global Water Partnership (2013), la GIRH es un proceso que impulsa el manejo integral de todos los recursos naturales (agua, tierra y aire) con el objetivo de aumentar tanto el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales. Este concepto tiene como base los principios establecidos en la Conferencia Internacional sobre Agua y Medioambiente realizada en Dublín, Irlanda en 1992. Estos principios son (Cap-Net, 2008):

- *El agua dulce es un recurso limitado y vulnerable, esencial para la vida, el desarrollo y el medioambiente.*
- *El desarrollo y la gestión de los recursos hídricos deberían basarse en un enfoque participativo, que involucre a los usuarios, a los moderadores y a los políticos en todos los niveles*
- *Las mujeres tienen un papel central en la provisión, la gestión y el cuidado de los recursos hídricos.*
- *El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y debería ser reconocida como un bien económico y como un bien social.*

En este sentido, los principios de la gestión integrada del recurso hídrico y la ingeniería sanitaria (este último forma parte de las acciones encaminadas a lograr aprovechamiento y uso racional del recurso y la reducción de los niveles de contaminación posterior al uso para reinsertar nuevamente al medio circundante) comparten un principio común: lograr salud tanto de los ecosistemas como de los seres humanos (Rosales, 2002).

De igual manera, la GIRH es un proceso que busca la solución de un complejo conjunto de conflictos interrelacionados mediante la cooperación y colaboración de los diversos actores, tanto sociales como institucionales. Para esto es necesario la existencia de un protagonismo social, de manera plena, activa y colaborativa, de las organizaciones, formales e informales, existentes en la microcuenca que busque fortalecer la autonomía de las y los participantes como sujetos de transformación de la realidad. Ello implica que tanto la población como las organizaciones comanden por sí mismas el proceso de planificación, implementación de acciones, monitoreo y evaluación (Benegas et al., 2009).

Según la FAO (2007), la integralidad de la GIRH trae consigo diversos desafíos, entre ellos están:

- En lo económico: que las medidas tomadas permitan de igual manera la generación de ingresos y rendimientos económicos-financieros, ya sea por los bienes producidos o por los servicios ambientales generados. Estas empresas que se beneficien económicamente deberán ser partícipes del proceso de gestión integral y a su vez no afectar la disponibilidad y sostenibilidad de los recursos naturales que utilicen.
- En lo social: que las medidas tomadas, tanto directas como indirectas, asociadas con la GIRH posean niveles apropiados de aceptación y participación de los diferentes actores sociales dentro de los espacios biogeográficos de la microcuenca. Ante esto se hace necesario favorecer prácticas relacionadas con la conservación y uso sostenible de los ecosistemas y recursos asociados. En este sentido, Sagot (2004) se refiere a las dificultades legales en Costa Rica y la jurisprudencia: las leyes por sí solas han resultado claramente pobres para asegurar la preservación de los recursos naturales y garantizar un desarrollo sostenible a largo plazo, por esta razón es necesario que la norma jurídica posea, no solo un criterio técnico, sino que se adopten responsabilidades individuales y colectivas relacionadas con el acatamiento de dicha legislación en los diversos niveles e instancias que se requieran.
- En lo ambiental: que las acciones para la GIRH garanticen la conservación de los ecosistemas y de los recursos naturales asociados. Para ello es preciso considerar los elementos que generan vulnerabilidad ambiental. Es importante tener en cuenta

aspectos como la calidad del aire, conservación de suelos, gestión integral de residuos sólidos, aguas residuales y calidad del agua con enfoque sanitario.

- En lo institucional: se debe fortalecer a los gobiernos locales, comunidades y demás grupos de interés, para administrar los recursos naturales en función de un desarrollo sostenible. Asimismo, generar pautas para coleccionar, almacenar y analizar sistemáticamente la información relacionada con la administración y manejo de recursos naturales.

## **5.2. Las cuencas hidrográficas**

Una cuenca hidrográfica es un área terrestre en la cual el agua de lluvia se drena mediante una red de corrientes que fluyen hacia una corriente principal y, finalmente, hacia un punto común de salida. Esta salida puede ser el mar (cuenca exorreica) o puede ser un espacio de agua interior como un lago, laguna o el embalse de una presa (cuenca endorreica) (ANA, 2009).

Las cuencas hidrográficas son concebidas como sistemas naturales o ecosistemas conformados por entradas y salidas, además, poseen una interrelación e interdependencia espacial y temporal de diferentes subsistemas tales como el biofísico, institucional y socioeconómico (GWP, 2013). De igual manera, son unidades tanto jerárquicas como funcionales, lo segundo porque se pueden delimitar en tres zonas: alta, media y baja (SEMARNAT, 2013).

Asimismo, son funcionales, ya que se pueden subdividir en (Zury, 2011):

- Cuenca: es una unidad hidrológica utilizada ya sea como una unidad físico-biológica y a su vez como una unidad socioeconómica-política para la planificación de los recursos naturales. Según clasificaciones hidrológicas, son unidades que van desde los 1000 a 3000 kilómetros cuadrados.
- Subcuenca: son unidades donde se definen las estrategias que van a orientar los programas para el uso y protección de los recursos naturales. Tienen una extensión de aproximadamente 100 y 150 kilómetros cuadrados.

- Microcuenca: es el área donde fluyen las primeras aguas hacia colectores de orden mayor. Asimismo, son el espacio donde se ejecutan proyectos y acciones para la gestión integral de los recursos naturales cercanos a la cuenca y que posteriormente se concreten las políticas, estrategias y programas en los niveles de cuenca y subcuenca. Generalmente, poseen tamaños entre los 15 y 100 kilómetros cuadrados.

El territorio costarricense se divide en 34 cuencas hidrográficas, no obstante, a pesar de su riqueza hídrica existen diversas amenazas asociadas a los procesos de urbanización y concentración de la actividad económica tales como la contaminación excesiva de ríos, la sobreexplotación de los mantos acuíferos, la pérdida de caudal de varios cursos de agua y la desaparición de humedales. Para esto es necesaria una visión integral que considere al agua como un bien social y económico estratégico y no solamente como un recurso natural (Benavides et al., 2007).

### **5.3. La participación social en procesos GIRH**

Para Benavides et al. (2007), los procesos de gestión integral de cuencas hidrográficas alcanzan la equidad en la medida que estos sean participativos y se generen espacios y mecanismos de participación ciudadana con procesos democráticos, además, tienen como objetivo principal el aprovechamiento de los recursos de la cuenca y de manejo de recursos, con enfoque de género y multiculturalidad, esto para su preservación, conservación y protección.

Según Jiménez (2010), la articulación institucional mediante el fortalecimiento del gobierno local, permitiría la elaboración de estrategias y herramientas de protección ambiental, económica y social para mejorar la calidad de vida de los habitantes del cantón, donde la participación de los grupos activos y las personas logren el consenso sobre los procesos y proyectos a realizar.

Un proceso fundamental en el aspecto social del trabajo a realizar es el mapeo de actores, el cual consiste en identificar a todas las personas y organizaciones, ya sean privadas, públicas

o no gubernamentales, que tengan relación directa o indirecta con el proyecto a ejecutar y que puedan ser relevantes para la planeación, diseño, implementación y/o evaluación de este.

Para CONAGUA (2007), el mapeo de actores es de suma importancia, ya que:

- Ayuda a fortalecer la intersectorialidad.
- Contribuye a que, tomando las medidas necesarias, socializando la información y actuando asertivamente, las autoridades locales, municipales y estatales logren una mejor coordinación y, por ende, se alcancen mejores resultados en beneficio de la población.
- Posibilita el desarrollo de redes organizacionales para el intercambio horizontal de experiencias y generación de conocimiento.

Existen diversas metodologías para el desarrollo de la identificación de actores. En esta investigación se utilizará la metodología CLIP (Colaboración/Conflicto, Legitimidad, Intereses, Poder), la cual es de gran utilidad para describir una situación social y la exploración de las formas de resolver los problemas. Esta es propuesta por Chevalier (2004), y ayuda a generar perfiles de los actores involucrados en un problema central. Estos perfiles se basan en 4 factores: las relaciones actuales de colaboración y conflicto, la legitimidad, los intereses presentes y el poder.

Otro de los mecanismos utilizados para lograr el involucramiento de la ciudadanía en procesos de construcción conjunta son los talleres de análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, en los cuales se consideran los factores económicos, políticos, sociales y culturales

#### **5.4. Legislación ambiental en Costa Rica**

El marco legal nacional vigente, relacionado con el proceso de GIRH, se resume en el Cuadro 1.



**Cuadro 1. Legislación nacional relevante para la GIRH**

<b>Legislación</b>	<b>Artículos relevantes para la GIRH</b>
Constitución Política	Artículo 50.
Ley General de la Salud	Artículos 1, 3, 4
Ley de Aguas	Totalidad de la Ley
Ley Forestal	Artículos 13, 14, 33 y 34
Ley de Protección Fitosanitaria	Artículos 30 y 73
Ley de Biodiversidad	Artículo 105
Ley de Planificación Urbana	Artículos 2, 3,
Reglamento para la Clasificación y Evaluación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales	Totalidad del Reglamento
Reglamento para la Calidad del Agua Potable	Totalidad del Reglamento
Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos	Artículos 12 y del 28 al 33
Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales	Artículos 3, 7, 10, 32, 33, 34, 35, 36 y 43.
Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos	Totalidad de la ley
Ley Orgánica del Ambiente	Artículos del 59 al 72, 98 y 99

Fuente: Elaboración propia (2015)

## **5.5. Concepto y aspectos generales de los indicadores**

Las actividades humanas generan transformaciones en la calidad y disponibilidad de los recursos naturales, por lo que generar información sobre los resultados de la convergencia entre las acciones humanas y el medio ambiente se convierte en una necesidad (Benavides et al. 2007). Los indicadores nacen con el fin de que la información generada pueda ser utilizada, por los tomadores de decisiones para contribuir de forma significativa en la construcción de comunidades sostenibles (Powel, 2012).

En el más amplio de los sentidos, los indicadores son signos o manifestaciones de los efectos de las acciones humanas, que permiten que estas sean monitoreadas y evaluadas. Son parámetros que determinan en forma cuantitativa y cualitativa los impactos de una acción específica en el medio ambiente y las personas (Cuello, 2011). Cuando se les observa cronológicamente, deben ser idóneos en transmitir información puntual sobre el avance e indirectamente mostrar la eficiencia de los programas y leyes creadas para incentivar el desarrollo sostenible (Rodríguez, 2002).

No obstante, es fundamental revisar todos los componentes y anomalías que ocurren en el medio ambiente, siendo importante determinar qué información puede ofrecer una propuesta representativa no solo del estado actual del entorno, sino de sus consecuencias y los problemas que el país tiene en los recursos naturales (Rodríguez, 2002).

Para esta investigación se utilizarán indicadores que puedan brindar información de tres grandes áreas: aspectos productivos, ambientales y sociales. Para esto, según Benavides et al. (2007), es necesario iniciar la construcción de un esquema en el cual se establezca la información prioritaria, para así definir el orden de los indicadores e incluir todos los aspectos relevantes creando una red donde prevalezcan transversalmente los principios de gestión ambiental, que incluya las características del ambiente natural, las actividades productivas, sociales y en general de los aspectos sobre los cuales se quiere ejercer control.

### 5.5.1 Características de los indicadores

Algunas de las principales características que poseen los indicadores según Cuello (2011) y Benavides et al. (2007) son:

- Deben ser tangibles y de fácil medición. La información requerida por el indicador debe ser accesible y la relación costo/beneficio debe ser satisfactoria.
- Los indicadores deben ser aplicables y válidos para utilizarlos en diferentes ecosistemas y sistemas económicos sociales. Cuando un indicador es diseñado para un sistema y estos son utilizados para otro, puede existir una distorsión en el potencial de aprovechamiento de la información obtenida, por lo que es necesario validar su aplicabilidad.
- Basarse en procedimientos y técnicas científicamente válidas y de reconocida calidad, con el fin de que puedan utilizarse en el proceso de gestión y la toma de decisiones con credibilidad, mediante la recolección y análisis de datos.
- La información generada a partir de los indicadores debe ser capaz de mostrar progreso, permitir la comparación espaciotemporal, para que de esta manera poder incorporar metas, realizar proyecciones a corto, mediano y largo plazo y comparar entre distintas regiones.
- Deben centrarse en aspectos prácticos y ser claros, la información debe ser fácilmente interpretada, para favorecer la comprensión de la sociedad en general y las decisiones sectoriales a llevarse a cabo.

Según Martínez (2007), el fin de los indicadores es tener un panorama claro en función de dirigir acciones de mitigación y compensación, plasmadas en un Plan de Acciones como producto final, mediante una respuesta de los actores sociales, ciudadanía e instituciones que contribuyan esfuerzos regulatorios y de cambio sobre las dinámicas ambientales, sociales y económicas de la microcuenca, así como una gestión educativa, comunicación, participación, reproducción o transformación del sistema.

### **5.5.2 Indicadores de Presión - Estado - Respuesta (P-E-R)**

El Modelo de Presión - Estado - Respuesta (P-E-R) es ampliamente implementado a nivel mundial, fue creado por la Environment Canada y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). Este modelo de indicadores es seguramente el más reconocido a escala mundial, debido a su sencillez y destreza de aplicación y la posibilidad de implementación en diferentes casos, supone canales de acción y respuesta entre acciones económicas y del medio ambiente (Chirino et al., 2008).

El marco de acción del PER está orientado en un concepto de la causalidad; las acciones humanas hacen presiones o impactos sobre el medio y los recursos naturales, los indicadores de estado se describen a la calidad del ambiente. La sociedad en su conjunto señala estas diferencias y puede afirmarse la adopción de políticas ambientales y económicas que buscarían corregir las tendencias adversas detectadas (Pandia, 2016).

## **5.6 Acciones de manejo integral para la microcuenca**

En este trabajo se busca generar programas con acciones de:

- **Mitigación:** debe contener actividades o medidas dirigidas a moderar, atenuar o disminuir los impactos negativos que una actividad pueda generar sobre el entorno humano y natural de la microcuenca (Martínez, 2009).
- **Recuperación:** es fundamental ejercer acciones de recuperación de las áreas degradadas por efectos de la reforestación y uso apropiado del suelo, incrementando la biodiversidad, por efecto de la cobertura vegetal y el uso de prácticas conservacionistas mejorando la estabilidad de los suelos, por efecto integral de la intervención. Además de un mejoramiento de la capacidad de gestión de los pobladores y de sus organizaciones (Conaf, 2015).
- **Adaptación:** según Villanueva (2011), la adaptación es la agilidad de moldearse al cambio climático para adaptar los daños presentes, aprovechar facilidades o enfrentar las consecuencias. Se trata de respuestas a los efectos de los cambios climáticos a

cualquier ajuste, sea positivo, reactivo o anticipativo para prevenir las consecuencias previstas o reales asociadas con los cambios climáticos.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1. FASE I: Diagnóstico de la microcuenca Maravilla-Chiz**

#### **6.1.1 Recopilación y análisis de información secundaria**

Se realizó una descripción y análisis de la situación actual de la microcuenca mediante la recopilación y sistematización de información secundaria de índole económica, social y ambiental. Para esto se consultaron bases de datos de las diversas instituciones como el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), COMCURE, Ministerio de Salud (MinSa), Municipalidad de Jiménez, entre otras. De igual manera se utilizaron mapas de uso de suelo, mapas de zonas protegidas, mapas de conflictos y de la delimitación de la microcuenca Maravilla-Chiz generados por el Laboratorio de Hidrología Ambiental, y visitas de campo para verificación de la información.

#### **6.1.2 Recopilación de información primaria**

##### *6.1.2.1. Zonificación de la microcuenca*

Se realizó una sectorización de la microcuenca en tres zonas: alta, media y baja. Para esto se utilizó información de hojas cartográficas de la Misión Carta 2005, facilitada por el Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT, 2015), y se utilizaron los siguientes criterios: uso de suelo, altitud, densidad poblacional, cobertura boscosa y zonas de protección, con dicha información se realizó el mapa de zonificación delimitando las partes alta, media y baja de la microcuenca.

### *6.1.2.2. Mapeo de fuentes potenciales de contaminación*

Con el fin de generar un mapeo de fuentes potenciales de contaminación, se identificaron y caracterizaron las actividades potencialmente contaminantes de la microcuenca, para lo cual se utilizó la metodología POSH (Pollutant Origin and its Surcharge Hydraulically) (Foster et al., 2002), la cual evalúa y clasifica las actividades con mayor probabilidad de generación de cargas de contaminantes hacia el subsuelo.

Para realizar el mapeo de las fuentes potenciales de contaminación, se elaboró un inventario en el cual se ubicaron y describieron dichas fuentes y se clasificaron en puntuales y difusas; para la identificación y evaluación de las fuentes de contaminación difusas, se utilizó un mapa de uso de suelo elaborado por el Laboratorio de Hidrología Ambiental de la UNA, el cual se validó por medio de visitas de campo. Posteriormente, se realizó una reclasificación, según la metodología descrita por Foster et al. (2002). Finalmente, los usos obtenidos fueron: bosque, pastos, cultivos permanentes (caña de azúcar, café y árboles frutales), cultivos estacionales (hortalizas, maíz, frijol, legumbres, etc.) y urbano.

Para la determinación de las fuentes puntuales de contaminación se utilizaron los registros de permisos sanitarios de funcionamiento del MinSa, patentes comerciales de las Municipalidades de Alvarado y Jiménez, entre otros documentos consultados con organismos estatales. Además, se realizaron tres levantamientos en campo, con lo que se identificaron actividades potencialmente contaminantes que no se encontraban registradas. Las actividades propuestas por (Foster et al., 2002): sitios de disposición de residuos sólidos, zonas industriales, lagunas de efluentes, gasolineras, lubricentros, cementerios; fueron documentadas en la zona de estudio y, al mismo tiempo, se incluyeron otras actividades importantes como: granjas avícolas, ferreterías, lecherías, porquerizas, centro de acopio para materiales reciclables, beneficios de café, bodegas de agroquímicos, sitios donde desfogon aguas residuales, botaderos clandestinos de desechos sólidos, entre otros. Estas fuentes potenciales de contaminación se clasificaron según su riesgo en: reducido, moderado y elevado.

### *6.1.2.3. Definición de la muestra estadística*

Se tomaron los datos del censo del INEC para establecer el tamaño de la población de la microcuenca y definir la muestra a partir de cálculos estadísticos. Para esto se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = NZ^2pqd^2 / (N-1) + Z^2pq$$

Dónde:

p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia.

q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1 -p).

La suma de la p y la q siempre debe ser igual a 1.

### *6.1.2.4 Validación de la encuesta*

Se generó un instrumento de encuesta sobre la Gestión Integral de Recurso Hídrico (GIRH) en la microcuenca Maravilla-Chiz con la finalidad de valorar e identificar las principales fuentes de amenazas hacia el recurso hídrico, así como una caracterización socioeconómica de poblados cercanos para la generación del Plan (ver Anexo 1). El instrumento fue validado mediante la aplicación de un 30 % de la cantidad de encuestas a aplicar, a la cual se le ajustaron y se le realizaron los cambios pertinentes.

Los apartados de la encuesta son:

- Percepción por parte de la comunidad de la presencia institucional en la zona.
- Información sobre servicios e infraestructura comunitaria.
- Información sobre acceso y uso del agua potable.
- Información sobre el manejo de las Aguas Residuales Gris (ARG).
- Información sobre el manejo de las Aguas Residuales Negras (ARN).
- Información sobre el manejo de los Residuos Sólidos (RS).

### *6.1.2.5. Información socioeconómica*

También se aplicó la encuesta para la generación de información primaria sobre aspectos como: educación, vivienda, potabilidad del agua para consumo humano, manejo de residuos sólidos, tratamiento de aguas residuales, entre otros.

Debido a las características demográficas y de ubicación de los principales poblados de la microcuenca, se aplicaron las encuestas en las zonas con centros poblacionales. Asimismo, se realizó una validación previa de la encuesta donde se verificó que esta pudiera aplicarse y las personas encuestadas pudieran entender y dar respuesta a todas las preguntas, por lo cual se buscó un lugar cercano a la microcuenca que contara con características ambientales y socioeconómicas similares.

#### *6.1.2.6. Mapeo de actores*

El proceso de la generación del mapeo de actores se fundamentó en la identificación de organizaciones privadas, públicas o no gubernamentales, que tuvieran algún cumplimiento social y/o ambiental en la microcuenca estudiada; esto con la finalidad de encontrar alguna relevancia directa o indirecta, que pudieran tener en la ejecución y cumplimiento del plan GIRH.

Asimismo, se validó la legitimidad de los diferentes actores mapeados en la microcuenca en un trabajo en conjunto con funcionarios de la Municipalidad de Jiménez para que este proceso tuviera una mayor representatividad y conseguir identificar cuales actores son claves en la implementación y evaluación del plan. En el Cuadro 3, se presentan los diferentes actores mapeados de la microcuenca en las categorías de dominante, fuerte, influyente, inactivo, interesado, vulnerable y marginado, según el método (CLIP), propuesto por Chevalier (2004). La metodología está descrita con mayor detalle en el Anexo 2 y Anexo 3.

#### *6.1.2.6. Información ambiental*



La información ambiental fue recopilada en colaboración con los trabajos del proyecto “Evaluación de la calidad del agua del acuífero presente en la microcuenca Maravilla-Chiz de Cartago” (Ledezma, 2017) y “Caracterización de la calidad del agua superficial en las subcuencas Quebrada Honda y Chiz-Maravilla de Cartago” (Alfaro, 2019).

*a. Muestreo de agua superficial*

Los muestreos se hicieron considerando la estacionalidad climática establecida por la precipitación. Se ejecutaron 10 muestreos para aguas superficiales entre abril del 2015 y marzo del 2016. Se tomaron muestras de aguas superficiales, en épocas secas, lluviosa y de transición.

El transporte de las muestras de agua para los análisis físicos y químicos fue mediante hieleras a una temperatura menor a 4°C para garantizar una conservación adecuada. El tiempo de transporte no superó las 24 horas. Los sitios de muestreo utilizados fueron los establecidos en la red de monitoreo implementada por el Laboratorio de Hidrología Ambiental de la Universidad Nacional.

*b. Determinación de la calidad fisicoquímica del agua superficial*

Para la determinación de la calidad del agua superficial se utilizó el Índice Holandés de la Calidad de Agua (IHCA), descrito en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (MINAE-S 2007), que integra tres parámetros: la Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días (DBO<sub>5</sub>), el nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y el porcentaje de saturación del oxígeno disuelto (PSO). Con el IHCA, la calidad del agua se mide mediante el puntaje asociado a las concentraciones de los tres parámetros y el grado de contaminación se ilustra con una escala de colores, desde el azul en el agua no contaminada hasta el rojo en el agua contaminada severamente (Anexos 4 y 5).

c. Determinación de plaguicidas

En la determinación de plaguicidas en aguas superficiales y subterráneas de la microcuenca, se empleó el procedimiento descrito por el IRET (2015). Las muestras se tomaron en dos botellas de vidrio de 1 L cada una, siguiendo una metodología de muestreo determinada por las condiciones climáticas y geográficas de la zona, las condiciones de seguridad de las personas durante el trabajo de campo y las particularidades de las prácticas agrícolas.

Las muestras de agua superficial se analizaron en el Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas (LAREP) mediante dos técnicas: cromatografía de gases con detector de masas (GC-MS) y cromatografía líquida con detector de masas (UPLC-MS/MS), descritas en el procedimiento para el “Muestreo de agua superficial y sedimentos mediante toma directa” del IRET (2015).

e. Bioindicadores para la evaluación y clasificación de la calidad de agua superficial

Se usó el índice BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica), descrito en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (MINAE-S 2007). El índice se basa en los distintos niveles de tolerancia que evidencian los macroinvertebrados bentónicos a la contaminación y la asignación de puntajes según esos niveles de tolerancia. El puntaje está asociado a las familias de macroinvertebrados, excepto el Filo *Annelida*, encontradas en un sitio determinado del cuerpo de agua superficial en estudio y es independiente de la cantidad de individuos o géneros de cada una. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio brinda el valor final del índice y la calidad del agua según las categorías establecida en el BMWP-CR (Anexos 6 y 7).

### **6.1.3. Evaluación participativa de la microcuenca Maravilla-Chiz**

Con el fin de que se integraran las perspectivas de la comunidad sobre la evaluación de la sostenibilidad de la microcuenca, en la identificación de las principales problemáticas y

para promover un proceso de diálogo e intercambio de saberes, se realizó un taller con las comunidades y las instituciones pertinentes.

La metodología utilizada para la realización de este taller fue la técnica FODA (IPN, 2002). Con esta técnica se genera una matriz que permite definir y contextualizar una situación problemática en determinada área geográfica a partir de cuatro marcos de análisis: Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (IPN, 2002).

## **6.2. FASE II: Determinación de indicadores**

### **6.2.1. Generación y definición de los indicadores**

Para la definición y selección de indicadores se tomó como referencias la metodología planteada por Benavides et al. (2007). A partir de la información generada en la fase del diagnóstico, se establecieron reuniones donde se incluyeron diferentes actores sociales y se desarrollaron talleres participativos que permitieron reconocer y analizar su percepción sobre:

- Los problemas relacionados con la gestión integrada del recurso hídrico y cuencas hidrográficas.
- Las acciones o formas para intentar resolver el problema
- La forma en que se podrían medir las acciones que cada persona propone.
- 

Al final del análisis de la percepción de los actores, se obtienen las versiones preliminares de los indicadores. Los resultados se complementaron con los datos obtenidos del análisis de los aspectos ambientales, y de las encuestas. Seguidamente se asociaron factores causales a cada indicador y se clasificaron según el enfoque P-E-R (Presión, Estado y Respuesta).

### **6.2.2. Selección de indicadores**

Una vez agrupados los indicadores, se empleó una matriz de selección de indicadores con 11 criterios de selección (Anexo 8) y una escala de valoración entre 1 y 5. El puntaje de cada indicador es el resultado de la sumatoria de la valoración de cada uno de los criterios (Benavides et al., 2007).

Para la selección final de los indicadores se siguieron 3 pasos:

1. Se calculó el rango de cada categoría P-E-R, con base en la diferencia entre el indicador con puntaje mayor y el de puntaje menor.
2. Cada rango se dividió en cinco intervalos iguales.
3. Los indicadores con puntajes obtenidos en los dos intervalos más altos fueron seleccionados.

### **6.3. FASE III: Elaboración del plan de gestión integral del recurso hídrico para la microcuenca**

A partir de la información brindada por los indicadores de sostenibilidad ambiental, se generó un plan de GIRH en la microcuenca Maravilla-Chiz, adecuado a cada una de las zonas representativas de la microcuenca. El plan incluyó los siguientes elementos:

- Objetivos
- Actividades
- Indicadores de logro
- Tiempo
- Responsables

La entrega del plan de GIRH se realizó ante el personal del Laboratorio de Hidrología Ambiental, con el fin de que los insumos generados, sean utilizados para la ejecución de actividades dentro del marco del proyecto “Procesos de Gestión Integrada del Recurso Hídrico en las subcuencas Chiz-Maravilla y Quebrada Honda, Cartago, Costa Rica”, en el

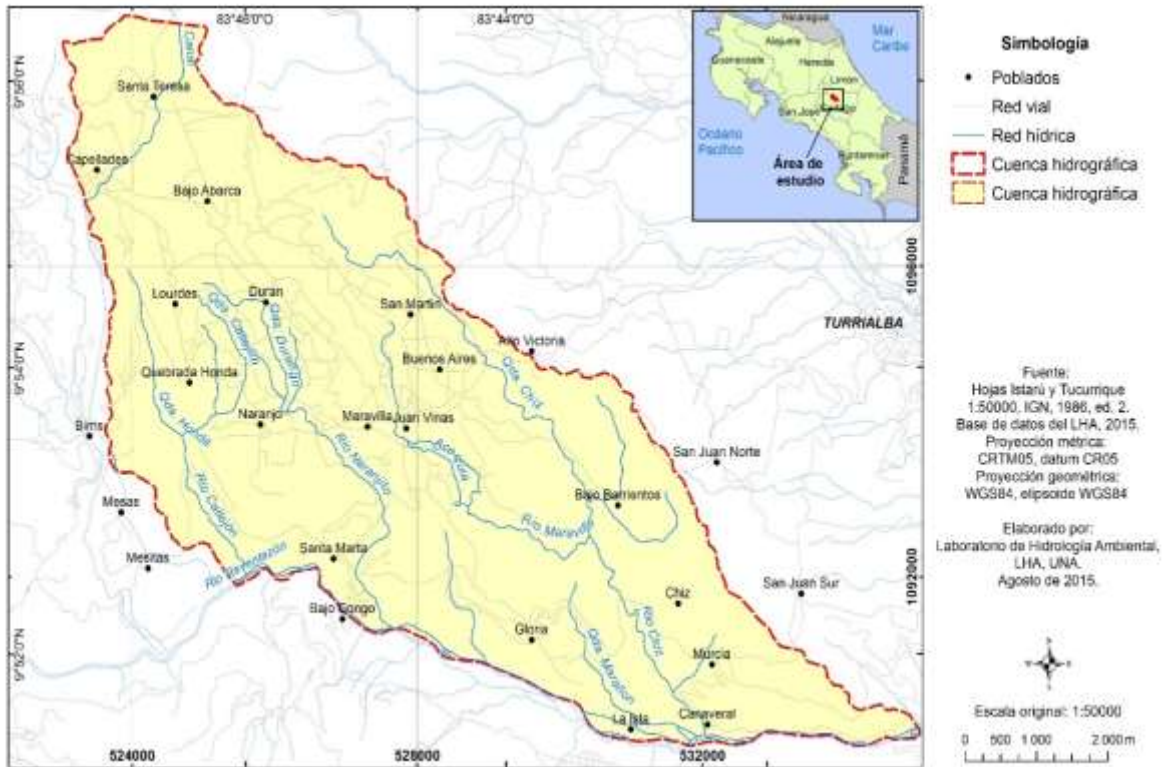
cual se promueve una vinculación participativa de los actores de la microcuenca para implementar procesos GIRH.

## **7. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **7.1. FASE I: Diagnóstico de la microcuenca Maravilla-Chiz**

En la Figura 1 se observa la delimitación de la microcuenca Maravilla-Chíz con sus principales afluentes: Quebrada Honda, Maravilla y Chiz, los cuales desembocan en el Río Reventazón. Cabe resaltar que estos fueron los cuerpos de agua donde se ubicó la red de monitoreo para la evaluación del agua subterránea. Algunos de los principales poblados dentro de la zona de estudio son Capellades, Juan Viñas y Murcia, ubicados en los cantones de Alvarado, Jiménez y Turrialba respectivamente, de la provincia de Cartago.

La información secundaria recopilada por parte de las instituciones complementó los análisis y partes de la información primaria generada. Se especifican los aspectos determinados en los siguientes apartados.

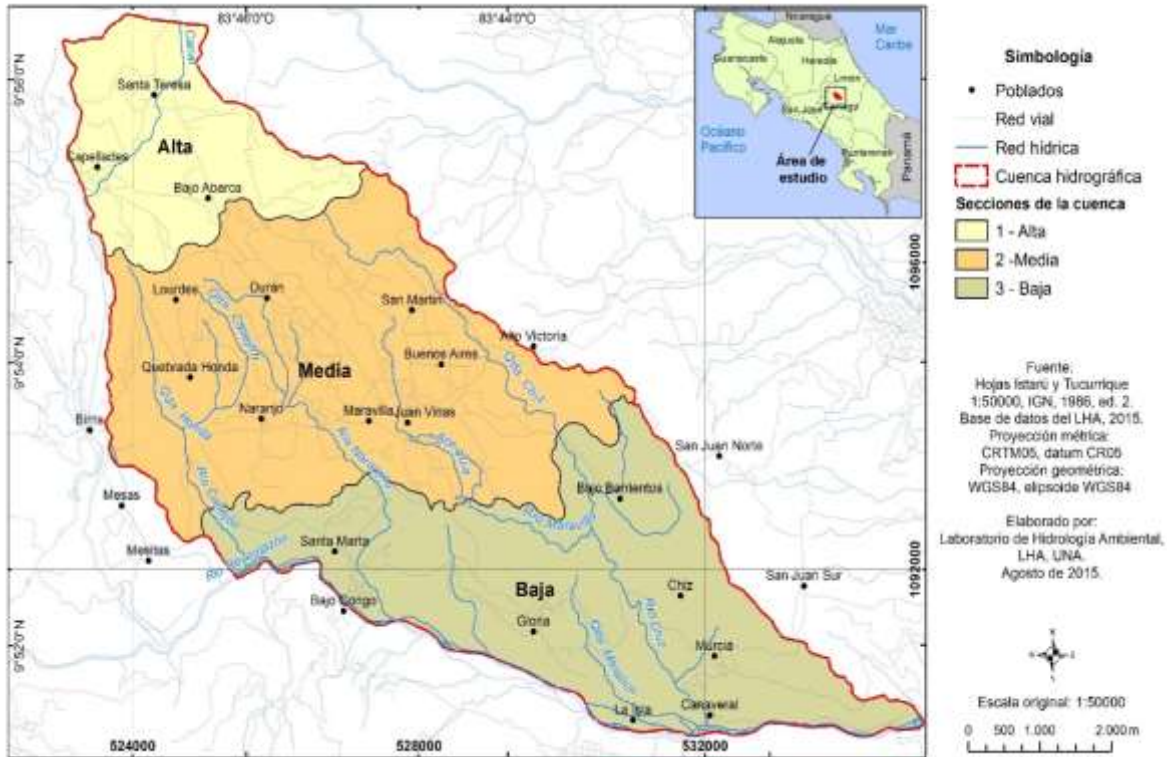


**Figura 1. Ubicación de la microcuenca Maravilla-Chíz, Cartago Costa Rica**

### 7.1.1. Zonas de la microcuenca

La Figura 2 muestra la zonificación de la microcuenca de acuerdo con la sección alta, media y baja. La elaboración de este mapa se realizó con la colaboración del Laboratorio de Hidrología de la Universidad Nacional y se obtuvo luego de realizar varias visitas a la zona y poder verificar la zonificación mediante comprobación de campo. Se utilizaron criterios técnicos como: uso de suelo, altitud, densidad poblacional, cobertura boscosa, zonas de protección.

Los principales poblados por zona de la microcuenca son: Santa Teresa, Capellades, Bajo Abarca, de la zona alta. Lourdes, Duran, Quebrada Honda, Naranjo, San Martín, Buenos Aires, Alto Victoria, Maravilla, Juan Viñas, de la zona media y Santa Marta, Bajo Barrientos, La Gloria, Chiz y Murcia de la zona baja.



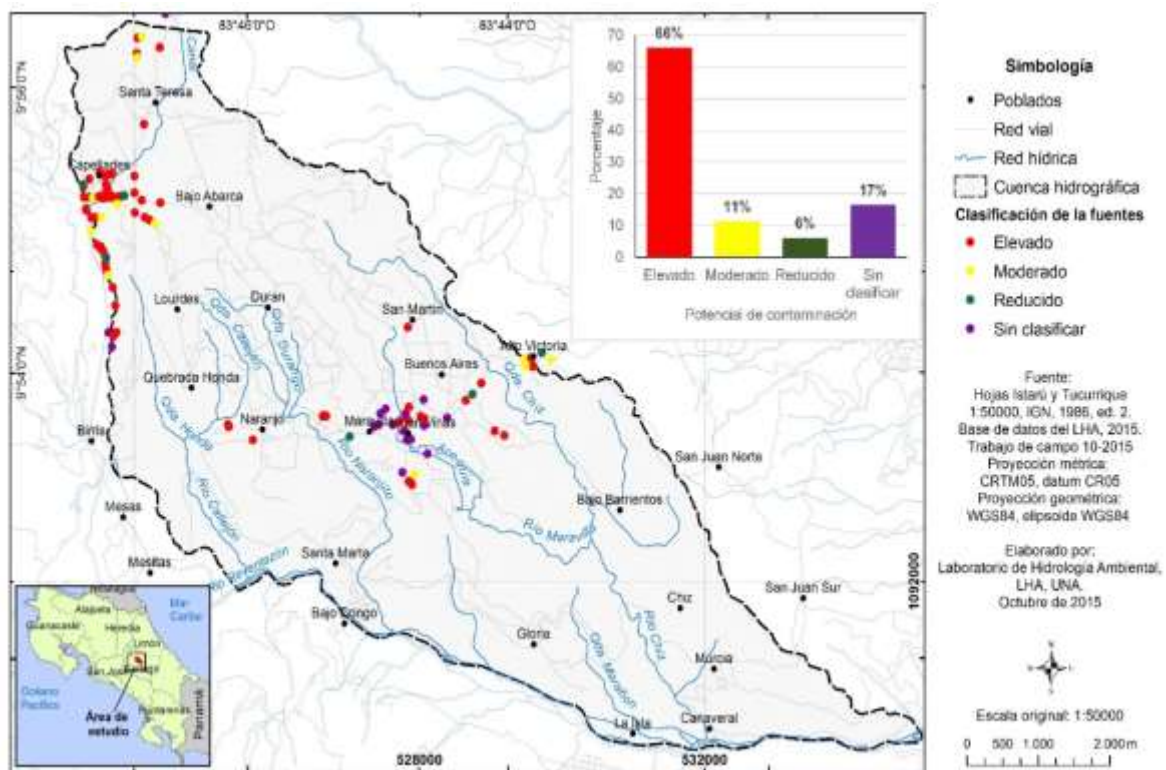
**Figura 2. Zonificación de la microcuenca Maravilla-Chíz, Cartago, Costa Rica**

### 7.1.2. Fuentes potenciales de contaminación

Con el fin de lograr determinar el modo de disposición de la carga contaminante sobre la microcuenca se procedió a realizar un mapeo de las fuentes potenciales de contaminación puntual, difusa y lineal.

Como se muestra en la Figura 3, la mayor parte de las fuentes potenciales de contaminación puntual se ubican sobre los centros poblacionales; estas corresponden a actividades antrópicas que ponen en riesgo de contaminación el agua superficial y subterránea. Algunas de las principales actividades encontradas en la zona de estudio son: desfogue de aguas residuales sin tratamiento, talleres mecánicos, empacadoras de hortalizas, porquerizas, lecherías, centros de suministros agrícolas, ingenio, lagunas de oxidación, entre otros.

Posteriormente, se valoró el potencial de amenaza que suponen estas actividades para la contaminación de las aguas subterráneas y el resultado arrojó que un 66% de estas presentan una amenaza de categoría elevada, pues representan actividades que pueden generar sustancias que se consideren contaminantes y lleguen al acuífero y/o a los cuerpos de agua superficiales. Y una categoría del 17 % “sin clasificar” en la microcuenca, donde el riesgo de estas fuentes potenciales de contaminación no se logra asociar un riesgo porque no se considera que pueda generar una amenaza de contaminación.

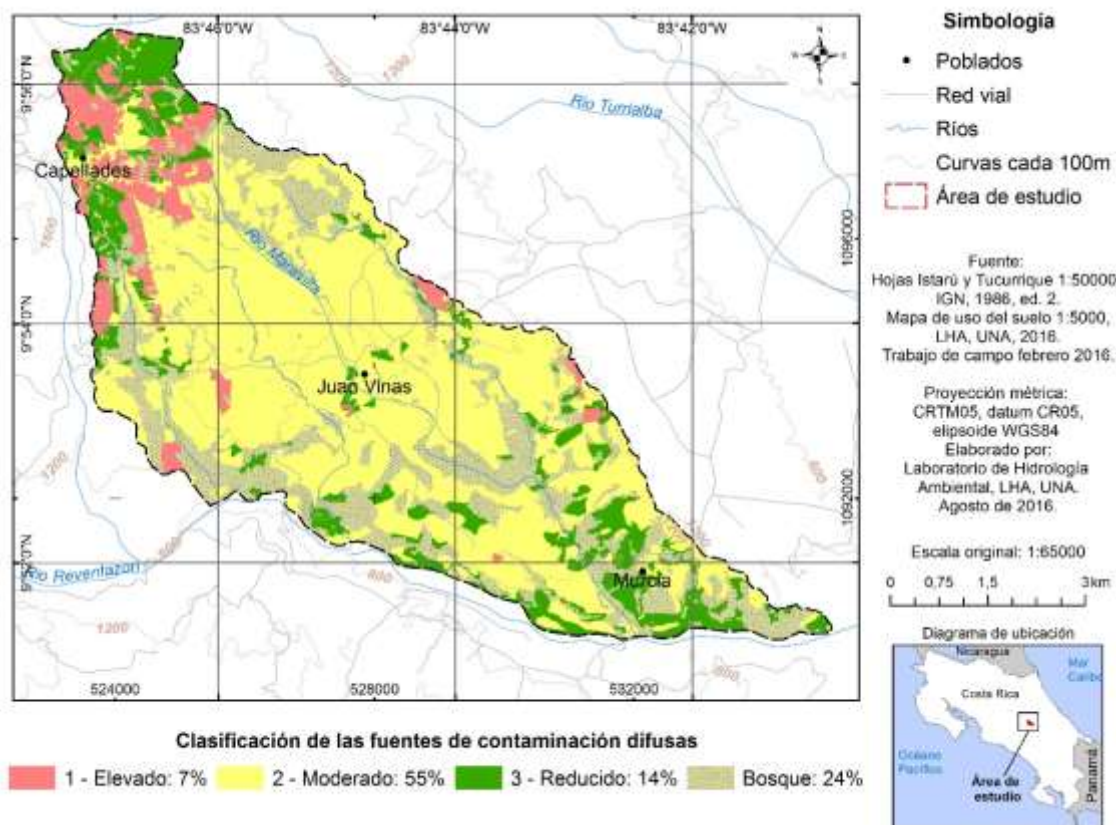


**Figura 3. Fuentes puntuales y riesgo de contaminación en la Microcuenca Maravilla-Chiz**

Asimismo, en la Figura 4 se muestra el resultado del mapeo de fuentes difusas que se realizó en la zona de estudio, el resultado indica que existen múltiples fuentes de contaminación difusa, esto debido a que el área de estudio presenta actividad agrícola en prácticamente toda la microcuenca. En la zona alta, donde se ubica la comunidad de Capellades, la amenaza potencial de contaminación del acuífero es alta; en esta zona se destaca la producción agrícola de hortalizas como zanahoria, papa, repollo, entre otros;



todas estas parcelas de cultivo se ubican dentro la producción hortícola tradicional, con el uso constante de químicos como plaguicidas. También cabe resaltar que toda la zona media, correspondientes al 55% de todo el territorio de la microcuenca, se encuentra categorizada con una amenaza media de contaminación donde se ubica la mayor extensión de cultivo de caña de azúcar que corresponde a la Hacienda Juan Viñas, pues los insumos agrícolas manejados en los cultivos de caña son utilizados en menor frecuencia que los empleados en las hortalizas.



**Figura 4. Fuentes difusas de contaminación en la Microcuenca Maravilla-Chiz**

### 7.1.3. Definición de la muestra estadística

El tamaño de la muestra se definió con base en los datos del INEC y la totalidad de viviendas de los distritos presentes en la microcuenca. Asimismo, se decidió utilizar un nivel de confianza del 95% y, en consecuencia, se aplicaron 222 encuestas en Juan Viñas,

78 en Capellades y 2 en Murcia para un total de 302 encuestas, tal y como se observa en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Distribución de las encuestas aplicadas en la zona de estudio, según la zonificación de la microcuenca Maravilla-Chiz, Cartago, Costa Rica**

Sector	Número de viviendas	Viviendas por distrito (%)	Muestra	Muestra redondeada	Zona de la cuenca
Juan Viñas	2039	73.37	221.58	222	Media y Baja
Capellades	720	25.91	78.24	78	Alta
Murcia	20	0.72	2.17	2	Baja
Total	2779	100	302	302	N/A

Fuente: INEC, 2016.

#### 7.1.4. Información socioeconómica

Los datos que se presentarán en esta sección corresponden a fuentes secundarias de información, debido a que la recolección de datos primarios no fue lo suficientemente profunda como para poder realizar un análisis completo de los diversos aspectos socioeconómicos que convergen en la zona de estudio.

La microcuenca Maravilla-Chíz cuenta con una población estimada para el 2015 de 21371 habitantes (PREVDA, 2008), tiene la mayor concentración de personas ubicadas en la parte alta donde se encuentra el distrito de Capellades perteneciente a la Municipalidad de Alvarado, con una extensión de 36.89 km<sup>2</sup> y con una población de 2454 personas (INEC, 2016). En la parte media se ubica Juan Viñas, el principal centro de población donde se encuentra la Municipalidad de Jiménez, cuenta con una población de 7084 habitantes (Varela et al. 2016). En la parte baja se ubica la comunidad de Murcia, de la cual no se encontraron datos recientes sobre su población estimada, sin embargo, al ser una población muy baja no incide en la estimación de la población de la microcuenca.

En cuanto al uso de la tierra para actividades económicas, en la parte alta de Capellades la mayor parte de suelos productivos son utilizados por agricultores para cultivo de papa, zanahoria y repollo; la mayoría de parcelas tienen un tamaño pequeño, lo que abre paso a la posibilidad de utilizar técnicas de conservación de suelos que no sean muy demandantes de espacio como lo son los árboles en línea o el cambio hacia un enfoque silvopastoril (PREVDA, 2008). La parte media de la microcuenca Maravilla-Chíz se ve seriamente afectada por la presencia de monocultivos de caña de azúcar y café, los cuales acaparan el 65% del territorio del distrito de Juan Viñas (INDER, 2015)

El nivel de ingresos familiares de la zona en estudio se califica de relativamente bajo para algunos grupos de población que no alcanzan a obtener un salario mínimo mensual, esto a pesar de que el cantón de Jiménez obtiene la mayor tasa de ocupación en su ciudad cabecera si se compara con a los demás cantones del Territorio Turrialba Jiménez (INDER 2015): esto es debido a factores tales como: a la falta de planeación de los cultivos agrícolas, la ausencia de canales de crédito que permitan mayor retención de valor agregado, la alta oferta de mano de obra causada por las migraciones y al agotamiento del fraccionamiento de las fincas. De acuerdo con la última información generada por el INEC, en las áreas administrativas de la cuenca del río Reventazón Parismina el mayor porcentaje de la población ocupada trabaja en ocupación no calificada, en Jiménez el 41% sobre todo resaltan las ocupaciones en labores agrícolas (PREVDA, 2008)

Otro de los aspectos que merece la pena analizar es la presión demográfica, a pesar de que la microcuenca Maravilla Chíz presenta una baja densidad de población si se compara con las otras subcuencas que conforman la gran cuenca del Río Reventazón, es de suponer que sea precisamente por esta razón que próximamente surja una movilización de personas hacia esas zonas. La actual demanda sobre la tierra hace interesante para los grandes y medianos propietarios el negocio de cambio de uso del suelo, presionando así sobre los recursos de áreas comunes y contribuyendo algunas veces a la localización de viviendas en zonas de alto riesgo de deslizamiento, de inundaciones y otros, esto sumado a los

programas de vivienda impulsados por el gobierno o los poblamientos espontáneos (PREVDA, 2008).

### 7.1.5. Información Hídrica y uso de suelo en la Microcuenca

La microcuenca Maravilla – Chiz como área de estudio presenta una clasificación de 6 tipos de uso de suelo, tal y como se puede observar en la Figura 5. Un primer uso de cobertura boscosa del 24%, distribuida en toda la microcuenca, pero ausente en la parte alta donde se localizan los principales aprovechamientos de recurso hídrico para consumo humano (Figura 5). Asimismo, en la parte alta de la microcuenca, un 14 % del uso de suelo es destinado para pastos, el cual se encuentra directamente vinculado a las actividades de ganadería y producción de leche que se dan en esta zona (PREVDA, 2008).

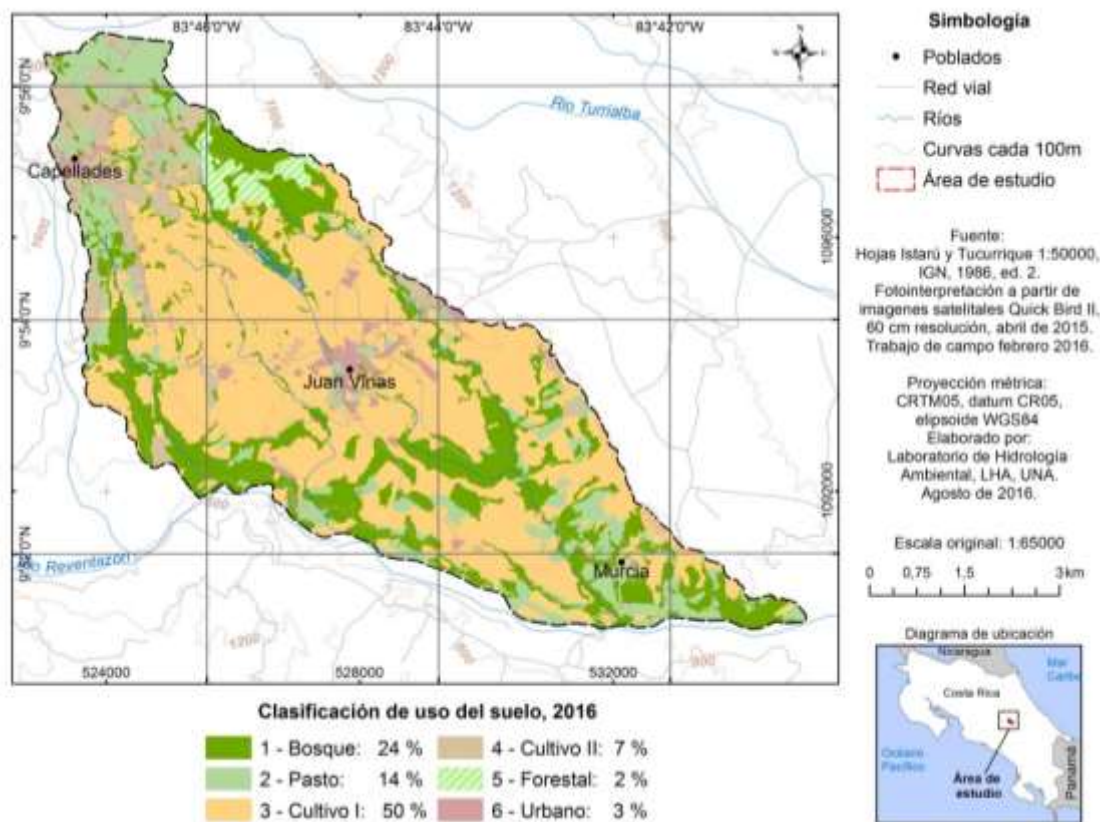


Figura 5. Uso del suelo en la Microcuenca Maravilla-Chiz

La mitad del uso de suelo en la microcuenca corresponde a actividades agrícolas tipo I, donde predominan los monocultivos de caña de azúcar y café; y se encuentran ubicados en la parte media de la microcuenca. Es importante mencionar que estas actividades agrícolas están vinculadas a un proceso fuerte de degradación ambiental presente en la microcuenca en estudio producto de la alta dependencia de uso de agroquímicos y plaguicidas, por su alta permanencia en el ambiente y su toxicidad sobre la fauna acuática (Bach, 2013).

Asimismo, estos cultivos se encuentran asociados a un inadecuado manejo de los suelos, generando su erosión con un potencial de arrastre de residuos químicos agrícolas hacia ríos y quebradas y muy posiblemente con un alto impacto sobre las aguas subterráneas (IRET, 2014).

Por un lado, en la parte alta de la microcuenca se ubica el 7% de los cultivos tipo II correspondiente a hortalizas y tubérculos (zanahoria, repollo, vainica, chile dulce, papa y tomate). En esta zona alta, la mayoría de la producción de estos cultivos es muy dependiente de los productos químicos que, eventualmente y debido a su uso inadecuado, podrían estar alterando la calidad del agua y de los suelos (Ruepert, 2011). Por otro lado, solo un 2% del suelo está cubierto por bosque y se concentra en la parte alta de la microcuenca.

Finalmente, el 3% del suelo con uso urbano se relaciona con los poblacionales de Capellades y Juan Viñas. En estas zonas hay un deterioro de la calidad del recurso hídrico, vinculado directamente con las descargas de aguas residuales de las poblaciones y de las actividades del beneficiado del café y elaboración de azúcar (PREVDA, 2008).

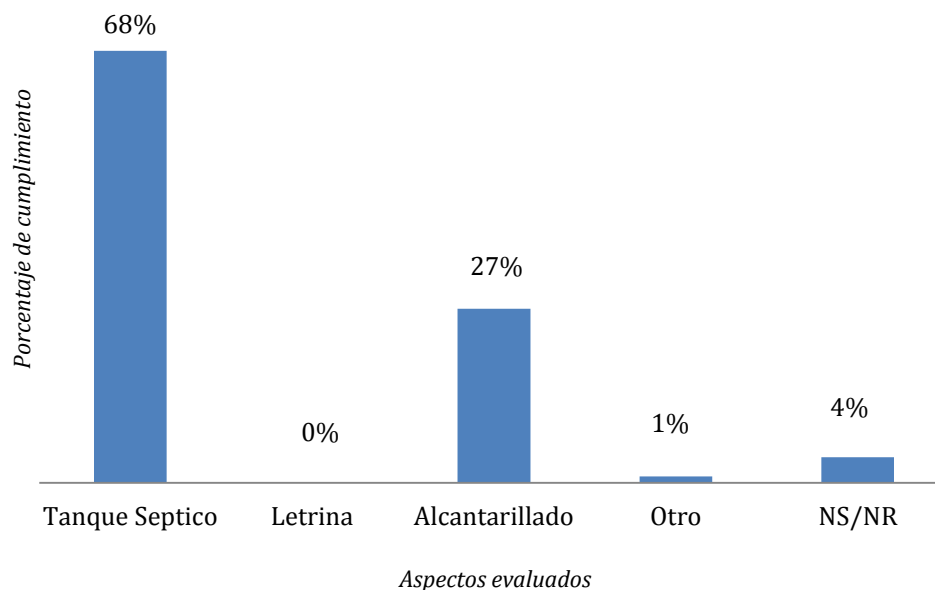
Según el Registro Nacional de Concesiones para el Aprovechamiento de Agua y Obras en Cauce de la Dirección de Agua del MINAE, en el distrito de Juan Viñas se ha otorgado 4 permisos de aprovechamiento y aparte de esto existen 2 expedientes más, los cuales son utilizados para generación de energía hidroeléctrica. Cabe recalcar que ningún expediente se encuentra otorgado sobre el Río Maravilla, el Río Chiz y la Quebrada Honda. Asimismo, existen 4 expedientes con inscripciones de fuentes para ASADAS.

En Capellades hay 41 expedientes con permisos de aprovechamiento de agua superficial, un expediente de aprovechamiento de agua subterránea, un expediente para generación de energía hidroeléctrica y dos expedientes de inscripciones de fuentes para ASADAS. Según la base de datos de la Dirección de Agua, en Murcia no existe ninguna solicitud de concesión de agua superficial ni subterránea (MINAE, 2018).

#### **7.1.6. Análisis de la información ambiental recolectada mediante el proceso de encuestas en la población de Juan Viñas**

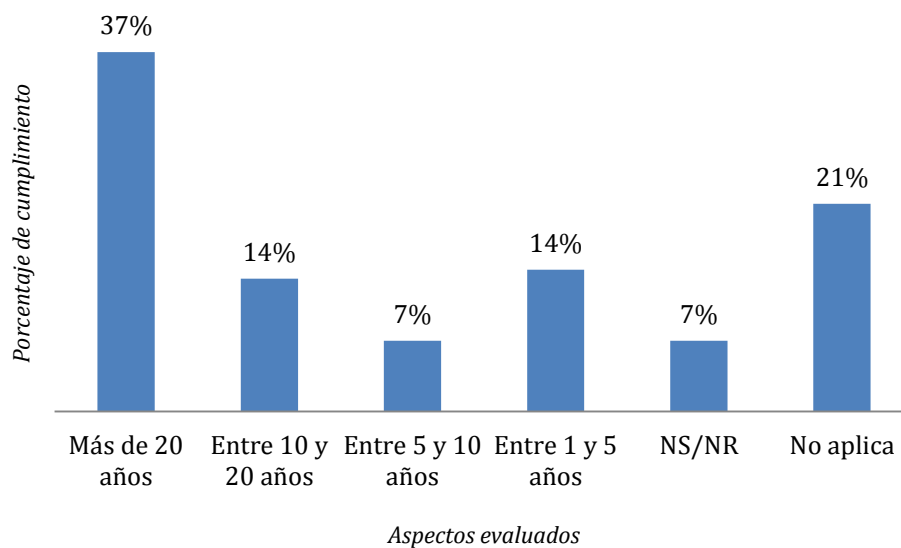
##### *7.1.6.1. Manejo de las Agua Residual Negras (ARN)*

Según el vigésimo primer Informe del Estado de la Nación (2014), el 71,5% de la población en Costa Rica utiliza el tanque séptico como sistema de tratamiento para sus aguas residuales, similar al 68% identificado en Juan Viñas, tal como se puede observar en la Figura 6, datos obtenidos de la aplicación de encuestas. Además, este mismo informe menciona que el país posee 57 plantas de tratamiento (PTAR) para lo que son aguas residuales domésticas, no obstante, en este distrito no se cuenta con una PTAR por lo que el 28% resultante de la encuesta es atribuido al desconocimiento de las personas sobre el manejo de sus aguas residuales y donde en la mayoría de estos casos no se le dan ningún tipo de tratamiento siendo vertidas directamente al Río Maravilla-Chiz, esto se convierte en uno de los problemas más graves y prioritarios a atender dentro de la microcuenca para una adecuada gestión integral del recurso hídrico (Angulo, 2015).



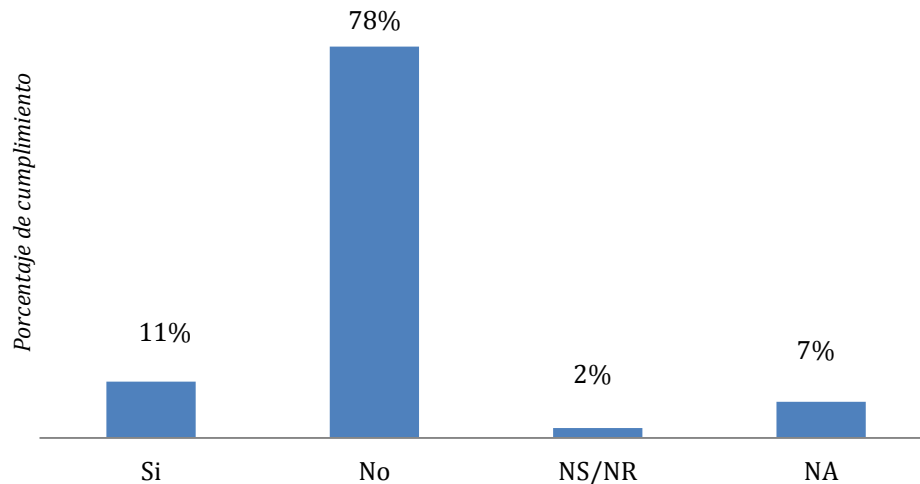
**Figura 6. Sistemas de tratamiento de aguas negras implementados en Juan Viñas**

Según recomendaciones de la Organización Panamericana de la Salud (OPS 2002), los tanques sépticos no deberían superar los 15 años de construcción. En Juan Viñas, 80 de las 222 personas encuestadas, informaron que sus sistemas tienen más de 20 años, lo que podría evidenciar una eficiencia disminuida en los tanques sépticos y un riesgo por contaminación de las aguas subterráneas.



**Figura 7. Antigüedad de los tanques sépticos en Juan Viñas**

Asimismo, el 78% de las personas encuestadas que cuentan con tanque séptico afirman que el sistema no ha presentado ninguna falla y solo un 11% menciona que sí han tenido problemas (Figura 8). Entre las principales fallas indicadas por las personas encuestadas, están el afloramiento de aguas residuales y los malos olores. Es importante indicar que debido a que, al ser sistemas subterráneos, muchos de los problemas que presentan los tanques sépticos no son evidentes para las personas.

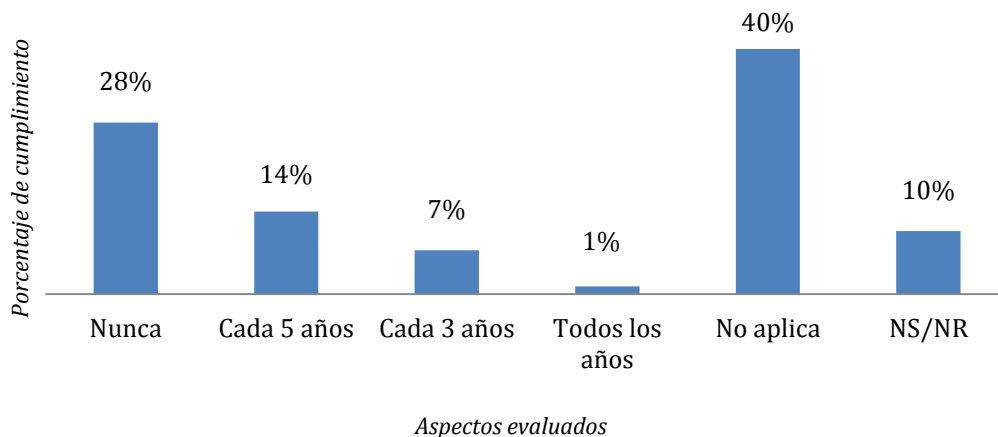


**Figura 8. Detección de fallas en los tanques sépticos de Juan Viñas**

Un factor fundamental para el funcionamiento óptimo del tanque séptico es su limpieza. Como se observa en la Figura 9, un 28% de las personas encuestadas nunca ha limpiado el sistema y un 10% desconoce si alguna vez el tanque ha sido depurado. Tal como menciona Jaramillo (2010), para que el tratamiento del agua en un tanque séptico sea eficiente, durante el proceso de limpieza debe retirarse la cantidad adecuada de lodos, pues su acumulación disminuye la capacidad del tanque y se reduce el tiempo de permanencia del agua residual, lo cual ocasiona su descarga en el campo de absorción con un tratamiento prácticamente nulo y la contaminación tanto microbiológica como fisicoquímica de aguas subterráneas. Por lo general, los tanques pueden acumular lodos durante 3 años sin presentar problemas, no obstante, la frecuencia va a depender de:

- La capacidad del tanque séptico
- La cantidad de afluente
- La cantidad de sólidos del afluente

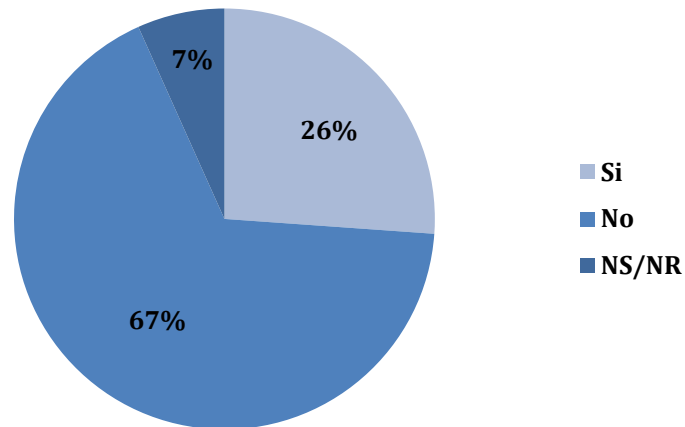




**Figura 9. Frecuencia de limpieza de los tanques sépticos en Juan Viñas**

Además, cuando se realiza una limpieza del tanque es relevante tener claro que se debe extraer el 80% de su contenido (pues el 20% que queda dentro de este sirve para mantener las bacterias activas) y que el tratamiento se siga dando con material biológico apropiadamente adaptado. De igual manera, es preferible que las limpiezas se realicen en época seca, para favorecer el secado de los lodos por las condiciones climáticas y se hace más sencillo su homogenización y/o estabilización (Rosales, 2012).

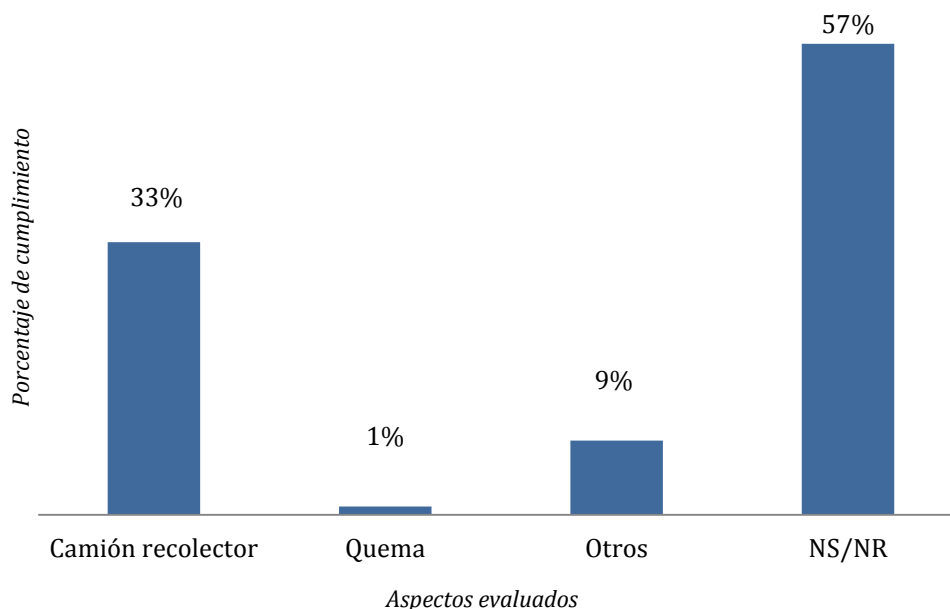
Se observa un 40% clasificado como “No aplica” dato relacionado a que sus descargas de aguas residuales se dirigen al alcantarillado sanitario o probablemente por desconocimiento de las personas.



**Figura 10. Utilización de trampas de grasa como parte del sistema sanitario en casas de habitación de la comunidad de Juan Viñas**

De acuerdo con lo que se puede observar en la Figura 10, la mayoría de las personas entrevistadas no utilizan trampas de grasa como parte del sistema de tratamiento de aguas residuales. Las trampas de grasa son unidades de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural, según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS 2003), sobre todo en lugares donde la disposición de grasas es alta, como en restaurantes, sodas, hoteles, escuelas y colegios. También es importante conocer algunos requisitos previos para la utilización de trampas de grasas: la ubicación debe ser próxima a los aparatos sanitarios que descarguen desechos grasosos, además, debe ubicarse en lugares de fácil acceso para su limpieza y eliminación de las grasas acumuladas. Por lo que se considera de suma importancia tomar medidas para que este tipo de dispositivos funcionen y tengan el mantenimiento adecuado.

No es obligatorio utilizarlo en las casas unifamiliares, sin embargo, el uso de este sistema alarga la vida útil de los tanques sépticos, por lo que es muy recomendable que se use y se limpie adecuadamente para evitar malos olores y plagas.

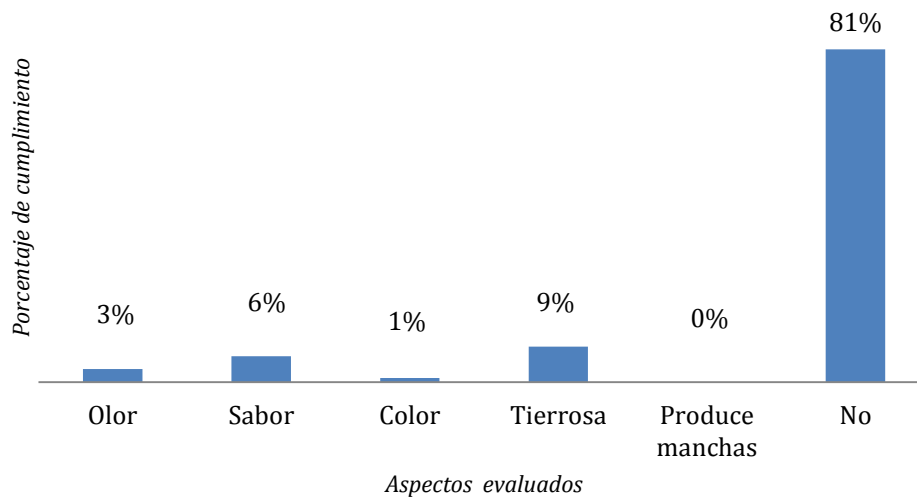


**Figura 11. Disposición final de las grasas en las casas de habitación que utilizan trampas de grasa en la comunidad de Juan Viñas**

En la figura 11 es posible observar que un 57% de las personas encuestadas no contestaron o no sabían dónde se disponen finalmente las grasas de las trampas, lo cual evidencia una falta de conocimiento en este tema. Las personas entrevistadas mostraron desconocimiento en qué consiste y para qué funcionan las trampas de grasa. Otras 74 personas contestaron que disponían las grasas en el camión recolector, otras 20 personas contestaron que les daban otra disposición final a las grasas, por ejemplo, enterrarlas. Por último, dos personas respondieron que quemaban las grasas al extraerlas de la trampa.

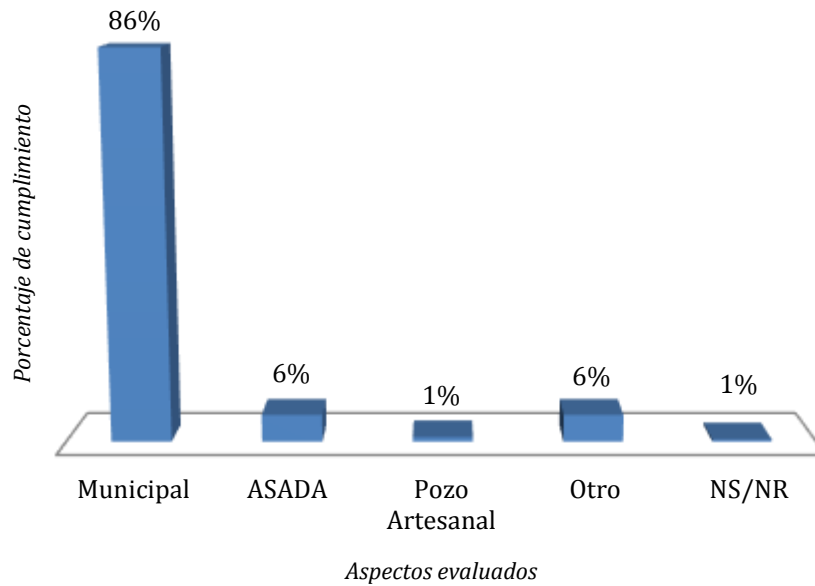
#### *7.1.6.2. Agua potable (AP) en Juan Viñas*

En el gráfico 12, es posible observar que el 81 % de las personas encuestadas no encontró ninguna característica organoléptica presente en el agua. Un porcentaje del 9 % considera que el agua en algunas ocasiones presenta tierra, un 6 % que tiene sabor y un 3 % que tiene algún olor.



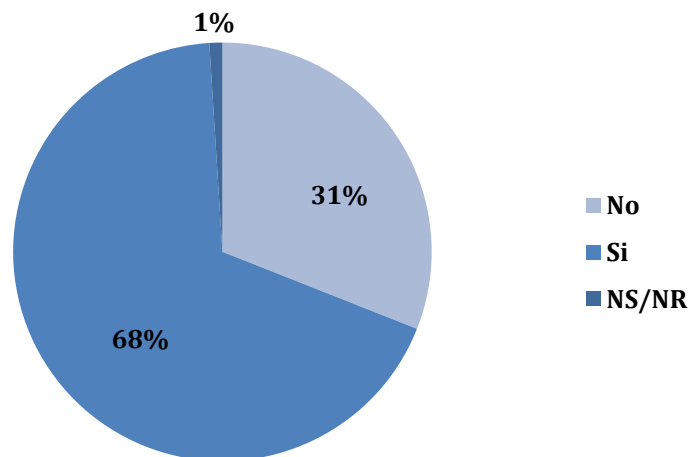
**Figura 12. Características organolépticas presentes en el agua según percepción de usuarios en la comunidad de Juan Viñas**

Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable, el agua potable se define como “Agua tratada que cumple con las disposiciones de valores recomendables o máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos, establecidos en el presente reglamento y que al ser consumida por la población no causa daño a la salud”. Tomando en cuenta esta definición y los resultados de las entrevistas, se concluye que la característica que genera mayor preocupación es la presencia de tierra, pues puede considerarse en riesgo los cumplimientos de las características estéticas y organolépticas deseables.



**Figura 13. Distribución de la cobertura de los brindadores de servicio de agua potable según percepción de la comunidad de Juan Viñas**

Según el vigésimo informe del Estado de la Nación (2014), en Costa Rica existen 23 municipalidades que brindan servicio de agua potable, cumpliendo todas ellas con el reglamento de calidad de agua potable. Sin embargo, según señala el mismo estudio, hay debilidades en el tema de servicio y operación. En el caso de Juan Viñas, el 86% de las personas son abastecidas por el acueducto municipal y un 6% por Asociaciones Administradoras de Acueducto y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS).



#### **Figura 14. Cantidad de personas entrevistadas que afirman realizar alguna acción para ahorrar agua potable en la comunidad de Juan Viñas**

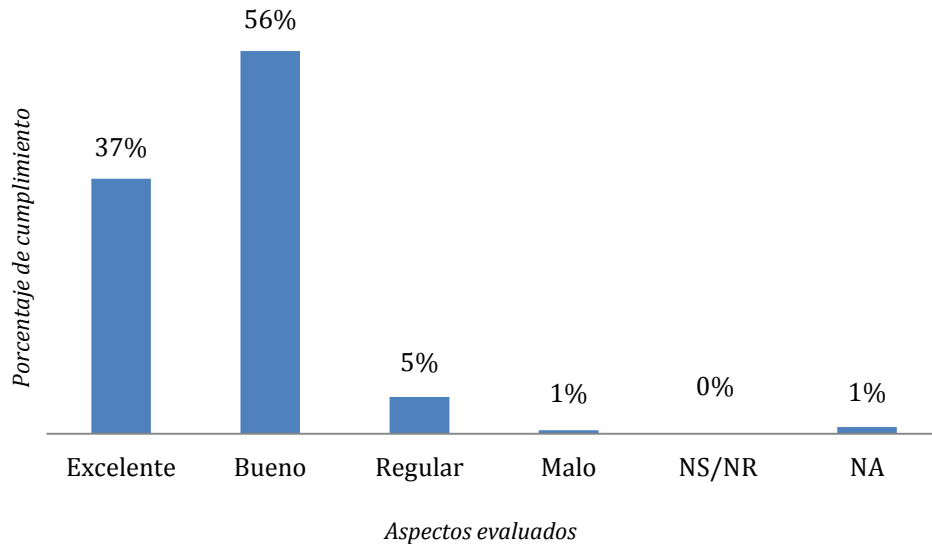
Uno de los datos importantes que se pudo obtener mediante el proceso de encuestas es el interés de las personas en el tema de ahorro de agua potable (Figura 14). En este caso, la mayoría de personas encuestadas 68 % manifiesta que en su hogar siguen medidas para disminuir el consumo de agua. Entre las acciones que se señalan están: cerrar tubos mientras se están bañando o lavando los dientes, recolectar agua de lluvia para lavar el carro o regar las plantas, asegurarse de que las llaves de paso estén cerradas durante la noche.

En este tema, según el XXI informe del Estado de la Nación la sociedad presenta desinformación y desmotivación a implementar alternativas más efectivas para el ahorro como lo es la inversión de tecnologías de accesorios de bajo consumo, que han demostrado ser capaces de disminuir un 40% del consumo de agua potable en países como México. (Ángulo, 2015). Así, como orinales que no requieren agua para su funcionamiento.

##### *7.1.6.3. Manejo de los Residuos Sólidos (RS)*

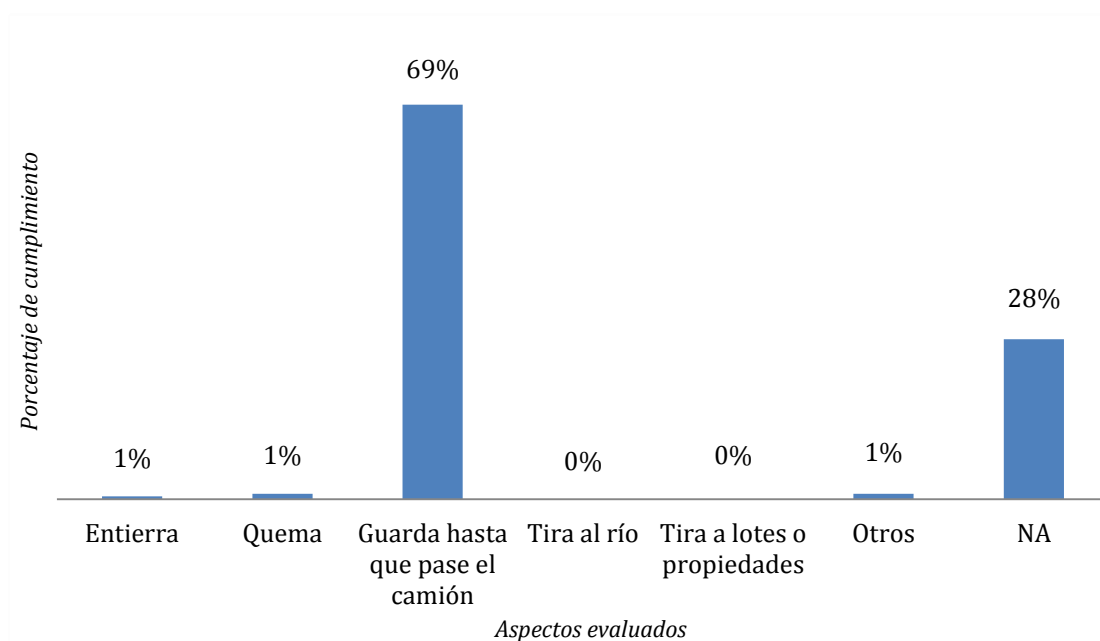
Un factor que genera un gran beneficio para la GIRH es que dentro del cantón de Jiménez se implementa el programa de Basura Cero. Ante esto, el 100% de la población de la cuenca media separa sus residuos (plástico, cartón, vidrio, aluminio y orgánico), lo cual genera un menor índice de problemas en lo relacionado con el manejo de los residuos sólidos.

Asimismo, la totalidad de las personas encuestadas mencionó que el servicio de recolección se da mediante camiones tres veces por semana. En consecuencia, como se observa en la Figura 15, el 56% menciona que el servicio es bueno y un 38% excelente.



**Figura 15. Calidad del servicio de recolección de residuos sólidos en Juan Viñas**

Ante fallas en el servicio de recolección de basura, se consultó a las personas sobre la disposición de los residuos (Figura 16). El 69% mencionó que almacenan los residuos hasta que el camión pase de nuevo y un 28% afirma que esto no aplica, pues el camión siempre transita, lo cual recalca la constancia y calidad del servicio. Además, es interesante observar como solamente un 1% quema la basura, práctica anteriormente muy común en comunidades rurales, lo cual evidencia un cambio cultural en el manejo de los residuos.

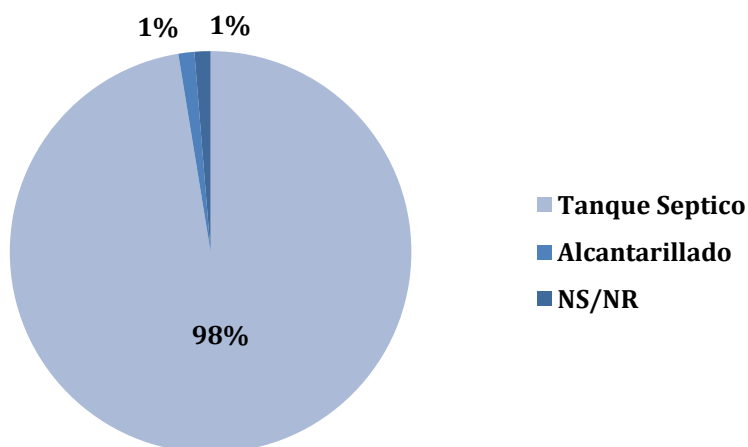


**Figura 16. Disposición de residuos cuando no pasa el camión recolector en Juan Viñas**

### 7.1.7. Análisis de la información ambiental recolectada mediante el proceso de encuestas en la población de Capellades

#### 7.1.7.1. Manejo de las Agua Residual Negras (ARN)

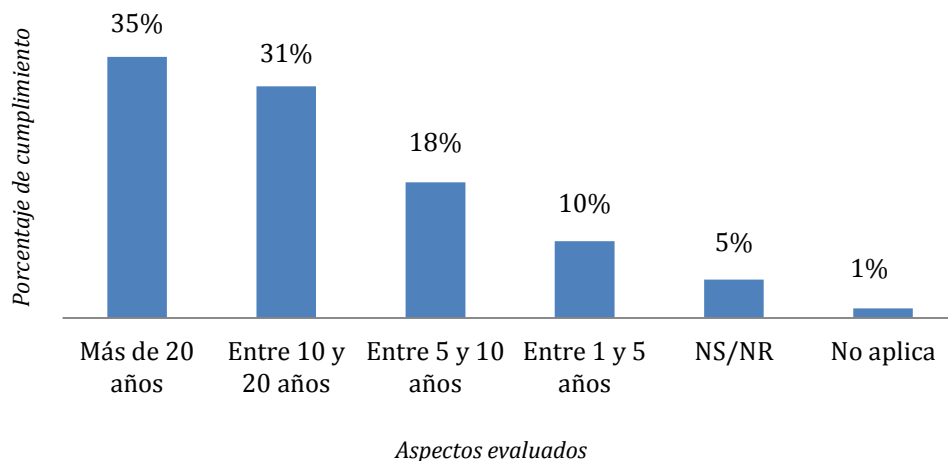
A diferencia de Juan Viñas, en el distrito de Capellades solo 1% de la población utiliza el alcantarillado, no obstante, en este lugar no se cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales, de tal manera que estos resultados podrían relacionarse con el desconocimiento de las personas sobre el manejo de aguas residuales en el distrito. Un factor a destacar es que, tal y como se muestra en la Figura 17, el 98% trata sus aguas con tanque séptico superando el 71,5% promedio de la población del país indicado en el vigésimo primer Informe del Estado de la Nación. (Angulo, 2015)



**Figura 17. Sistemas de tratamiento de aguas negras implementados en Capellades**

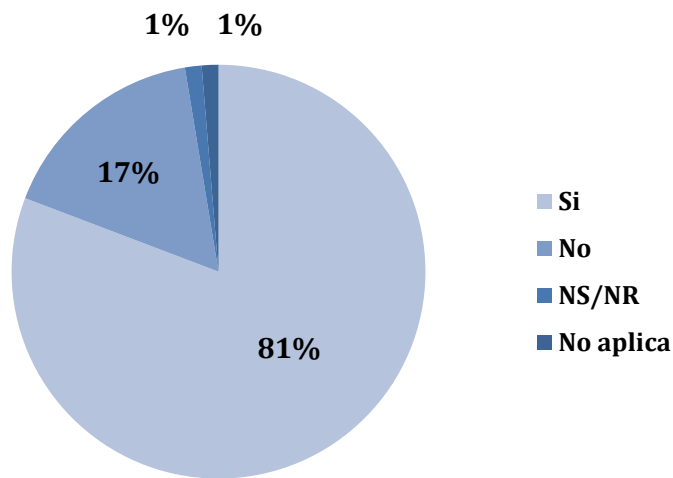
En Capellades, el 35% de los tanques tienen más de 20 años, siendo 15 años el tiempo máximo de este sistema de tratamiento para que tenga una eficiencia adecuada (OPS 2015). De igual manera, como se observa en la Figura 18, un 31% se encuentra entre los 10 y 20 años, lo cual quiere decir que la mayoría de los tanques sépticos serán disfuncionales en los próximos 10 años. Esto puede generar un problema de contaminación de aguas subterráneas por infiltración pudiendo afectar inclusive gran parte de la microcuenca, al ser su parte alta.





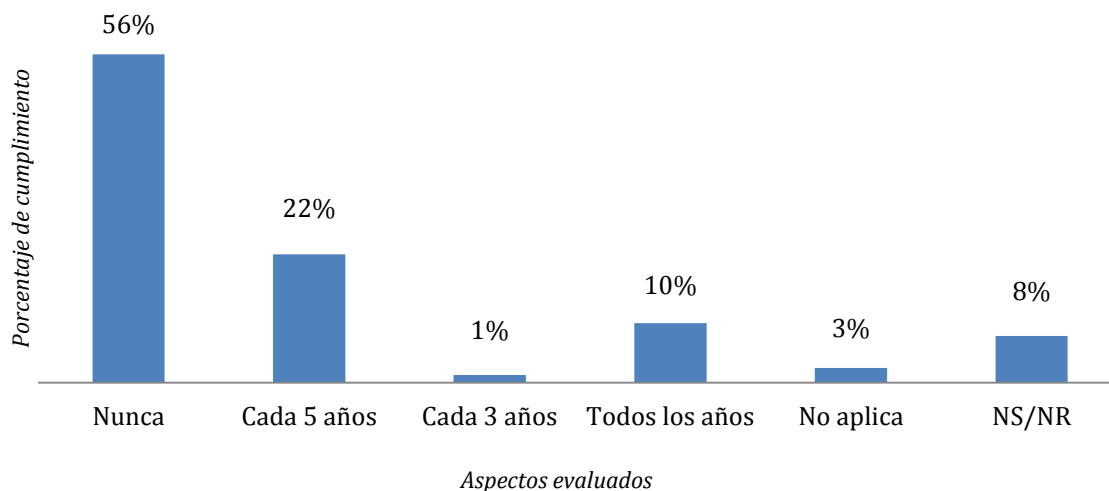
**Figura 18. Antigüedad de los tanques sépticos de Capellades**

Con respecto a los fallos del tanque séptico, las cifras son prácticamente iguales a las de Juan Viñas, ya que el 81% de las personas afirma no haber tenido ningún problema con el sistema y únicamente un 17% sí han presentado problemas (Figura 19).



**Figura 19. Detección de fallas en los tanques sépticos de Capellades**

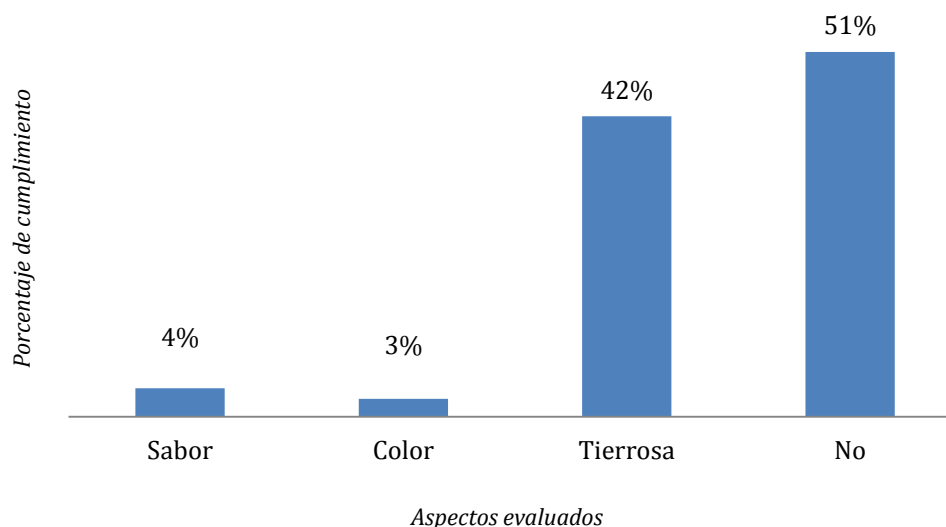
Como se observa en la Figura 20, en Capellades el 56% de las personas nunca han limpiado su tanque séptico. Un 22% cada 5 años, un 1% lo ha limpiado cada tres años y un 10% todos los años, con un total de 33% de personas encuestadas que realizan limpieza de los lodos sépticos.



**Figura 20. Frecuencia de limpieza de los tanques sépticos en Capellades**

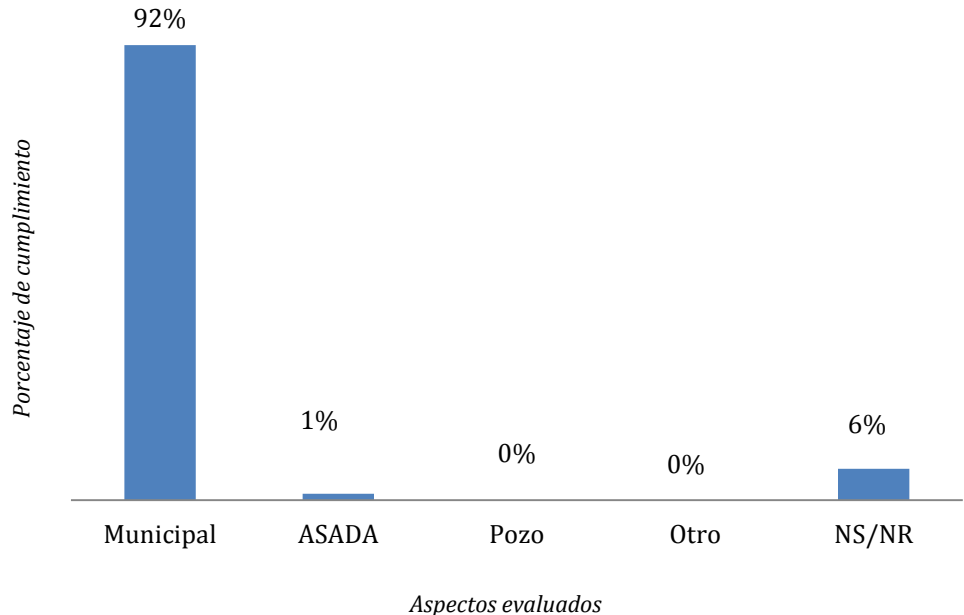
7.1.7.2. Información sobre agua potable (AP)

En la figura 21 es posible observar que de las personas entrevistadas el 51% considera que el agua potable no identificó alteración en las características organoléptica del agua potable, el 42% cree que alguna vez el agua contiene tierra y otro 4% dice que presenta algún sabor y por último un 3% le parece que tiene algún color extraño.



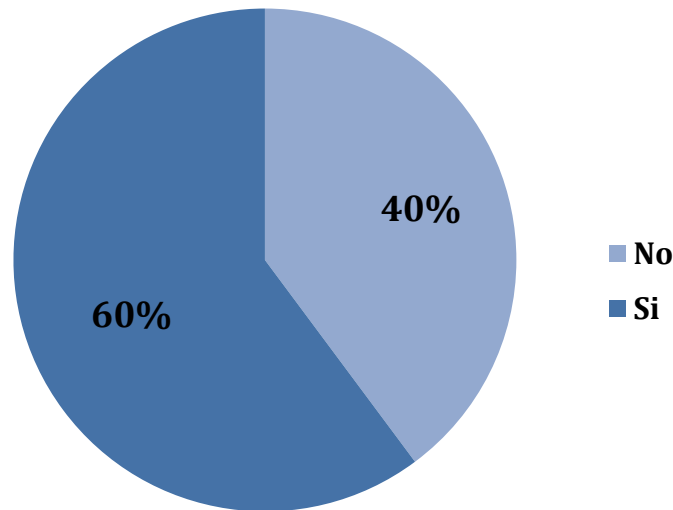
**Figura 21. Características organolépticas del agua potable según percepción de los habitantes de la comunidad de Capellades**

En la figura 22 es posible observar la distribución de prestadores del servicio de agua potable en la comunidad de Capellades. Según la información obtenida de la encuesta, el 92% de las personas son abastecidas por la municipalidad de Alvarado, el 1% por ASADAS y un 6% no sabe cuál es el distribuidor local de agua potable.



**Figura 22. Distribución de la cobertura de los brindadores de servicio de agua potable según percepción de la comunidad de Capellades**

De un total de 78 encuestas aplicadas en esta comunidad, 47 personas respondieron que emplean alguna acción para lograr ahorrar agua potable, otras 31 personas manifestaron no valerse alguna medida (Figura 23).

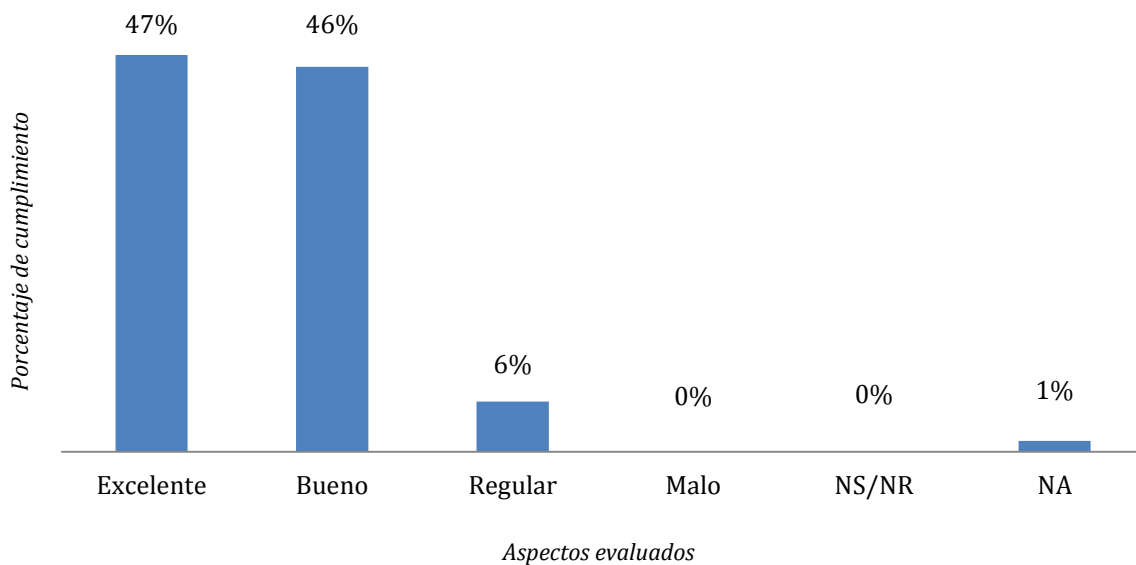


**Figura 23. Porcentaje de personas entrevistadas que afirman realizar alguna acción para ahorrar agua potable en la comunidad de Capellades**

Es importante que se incentive a las personas a incrementar esfuerzos en vías de usar el agua de una manera más racional y eficiente. Por ejemplo, en estudio realizado por (Herrera, 2011) señala que si se ponen en práctica cuatro medidas como instalar un inodoro con tecnología que busque el ahorro de agua, poner aireadores/perlizadores en llaves y grifos, reducir el tiempo en la ducha por 2 minutos y cerrar la llave al cepillarse los dientes, como consecuencia se refleja un ahorro de 40 % de agua potable y un 60 % menos del gasto económico inicialmente sin ejecutar las medidas. Estos datos son atractivos por la cantidad de litros de agua que se podrían ahorrar por persona al día, así como por la posibilidad de ahorro en dinero que se les presenta a las familias.

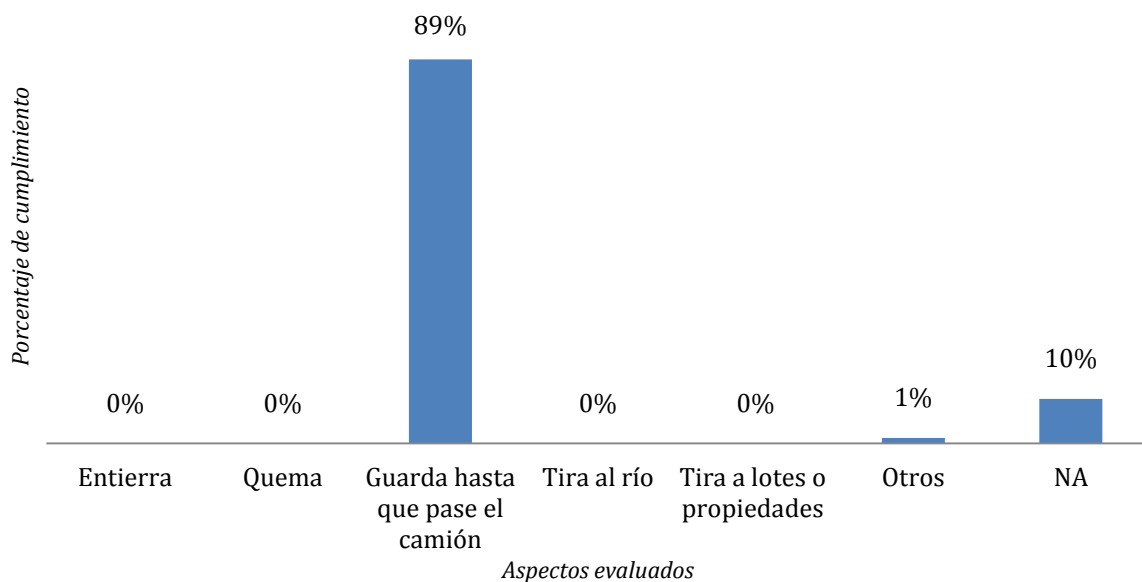
#### *7.1.7.3. Manejo Residuos Sólidos (RS)*

Al igual que en el distrito de Juan Viñas, en Capellades se implementó el programa de Basura Cero, así la totalidad de las personas encuestadas indicó que el servicio es constante pasando tres veces por semana. En consecuencia, como se observa en la Figura 24, el 47% de las personas encuestadas menciona que el servicio es excelente y un 46% bueno.



**Figura 24. Calidad del servicio de recolección de residuos sólidos en Capellades**

Es importante observar y analizar los cambios culturales que generan un buen manejo de los residuos. Tanto en Capellades como en Juan Viñas se ha reducido muchísimo la quema de los residuos. Además, en Capellades si no pasa el camión recolector un 89% de las personas almacenan los residuos hasta que transite de nuevo.



**Figura 25. Disposición de residuos cuando no pasa el camión recolector en Capellades**

#### **7.1.8. Análisis de la información ambiental recolectada mediante el proceso de encuestas en la población de Murcia**

La comunidad de Murcia recibe servicio de agua potable, sin embargo, no existe claridad acerca de cuál es la entidad que brinda dicho servicio, pues un sector de la población indica que la ASADA es el ente prestatario y otro sector menciona que se abastecen mediante agua de pozo; cabe recalcar que no cuentan con servicios de hidrantes ni tampoco poseen alcantarillado pluvial ni alcantarillado sanitario.

Además, el tratamiento de aguas residuales se realiza por medio de tanques sépticos, no obstante, dichos sistemas poseen más de 20 años de antigüedad y se indicó que nunca se han limpiado. Tal y como se establece en la Política Nacional de Saneamiento en Aguas Residuales (2017), el tener un tanque séptico no quiere decir que no haya afectaciones al medio ambiente o a la salud humana, debido a la ausencia de control en la construcción, operación y mantenimiento de estos sistemas.

Con respecto al manejo de residuos sólidos, en el sector de Murcia no hay servicio de recolección y, por ende, hay un sector de la población que los entierra y otro sector indicó que los quema. Asimismo, no existe ninguna práctica de separación de residuos ni tampoco se realiza ninguna acción por parte de la comunidad para reducir la cantidad de residuos generados.

#### **7.1.9. Mapeo de actores**

El proceso de la generación del mapeo de actores se fundamentó en la identificación de organizaciones privadas, públicas o no gubernamentales, que tuvieran algún cumplimiento social y/o ambiental en la microcuenca estudiada; esto con la finalidad de encontrar alguna relevancia directa o indirecta, que pudieran tener en la ejecución y cumplimiento del plan GIRH.

Asimismo, se validó la legitimidad de los diferentes actores mapeados en la microcuenca en un trabajo en conjunto con funcionarios de la Municipalidad de Jiménez para que este proceso tuviera una mayor representatividad y conseguir identificar cuales actores son claves en la implementación y evaluación del plan. En el Cuadro 3, se presentan los diferentes actores mapeados de la microcuenca en las categorías de dominante, fuerte, influyente, inactivo, interesado, vulnerable y marginado, según la metodología CLIP (ver Anexos 2 y 3).

**Cuadro 3. Mapeo de Actores de la Microcuenca de la Maravilla Chiz, categorizados según la metodología CLIP**

<b>Categoría</b>	<b>Siglas</b>	<b>Aspectos</b>	<b>Instituciones</b>
<b>I</b>			
Dominante	PIL	Poder alto, ganancia o pérdida neta alta, legitimidad alta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipalidades</li> <li>• MinSa</li> <li>• SINAC</li> <li>• COMCURE</li> <li>• ICE</li> <li>• CNE</li> <li>• JASEC</li> </ul>
Fuerte	PI	Poder y ganancia o pérdida neta altos (legitimidad baja o ninguna).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidades</li> </ul>
<b>II</b>			
Influyente	PL	Poder y legitimidad altos (ganancia o pérdida neta baja o ninguna).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirección de Agua</li> <li>• SENARA</li> <li>• AyA</li> <li>• MAG</li> </ul>
Inactivo	P	Poder alto (legitimidad y ganancia o	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MEP</li> </ul>

		pérdida neta bajas o ningunas).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingenio Juan Viñas.</li> <li>• Asociación Solidarista de Juan Viñas.</li> </ul>
Interesado	L	Legitimidad alta (poder y ganancia o pérdida neta altos o ninguno).	N/A
<b>III</b>			
Vulnerable	IL	Legitimidad y ganancia o pérdida neta altas (poder bajo o ninguno).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASADAS.</li> </ul>
Marginado	I	Ganancia o pérdida neta altas (poder y legitimidad bajos o ninguno).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asociación de Desarrollo.</li> <li>• Grupo de Bandera Azul Ecológica.</li> </ul>

De acuerdo con lo observado en la cuadro 3, se puede identificar que el principal problema de los actores identificados y categorizados con respecto a la GIRH es que las tres principales instituciones públicas relacionadas con la gestión del recurso hídrico (Dirección de Agua, AyA y SENARA) quedan categorizados como influyentes, lo cual significa que a pesar de tener un poder y una legitimidad alta y de que estas instituciones son las encargadas de realizar procesos relacionados a la GIRH, esto no se ha concretado, pues no se cuenta con proyectos implementados en la microcuenca en este sentido.

Asimismo, uno de los resultados encontrados es que la categorización con más actores es la dominante. Específicamente, la Municipalidad de Jiménez, el MinSa y el ICE son actores catalogados como altamente participativos por la comunidad, esto también se validó por medio de los resultados de las encuestas, donde se preguntó acerca de la presencia de instituciones públicas en las comunidades, siendo estas tres las de más presencia mediante atención de denuncias, proyectos o iniciativas comunales, según criterio de los habitantes.



En el caso de la Municipalidad de Jiménez, es el actor que ha trabajado más directamente en acciones relacionadas a la GIRH, proyectos para la identificación y protección de las zonas de recarga de las fuentes de agua, reforestación y la implementación de un proyecto exitoso para la gestión integral de residuos sólidos.

Es importante señalar que las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS) quedan categorizadas dentro del grupo de actores vulnerables, pues tienen un poder bastante limitado en cuanto a los recursos económicos que poseen para invertir en acciones relacionadas a la GIRH, sin embargo, deben ser actores que se involucren en estos procesos debido a que cuentan con un interés y legitimidad alta.

No se identificaron conflictos, no obstante, se pudo detectar la falta de participación e involucramiento en los diversos procesos de la mayoría de las instituciones públicas y privadas. Ante esto es necesario:

- Identificar a las personas encargadas de la zona de cada institución para explicarles el proceso que se está llevando a cabo.
- Convocar a todas las instituciones involucradas y generar espacios de trabajo y discusión para hacerles ver la importancia de un trabajo en conjunto para la protección y el uso sostenible del recurso hídrico de todos los actores dentro de la microcuenca.
- Es sumamente importante que en todas las reuniones y/o talleres se convoquen a los actores categorizados como marginados, pues a pesar de no tener legitimidad, sí poseen lo más importante a la hora de generar procesos sociales: el interés. Ante esto, todas sus opiniones o propuestas deben ser escuchadas para construir en conjunto.

#### *7.1.9.1. Comisión para la GIRH en la Microcuenca Maravilla-Chiz*

Con el objetivo de conformar la comisión para la gestión integrada de recurso hídrico de la microcuenca Maravilla-Chíz, se realizó una convocatoria para que las personas representantes de las instituciones públicas y privadas conocieran el trabajo de investigación que se realizó en dicha microcuenca. Entre las instituciones que se invitaron al taller destacan: MINSA, Municipalidad de Jiménez, Alvarado y Turrialba, COMCURE, MAG, SINAC, Ingenio Juan Viñas y representantes de las comunidades.

Este espacio tuvo como finalidad generar una introducción de los objetivos del proyecto de investigación de las personas asistentes y el reconocimiento de responsabilidades en la ejecución del PGIRH. Se realizó un proceso de análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) que sirvió como base para la generación de los indicadores y la realización del PGIRH.

#### **7.1.10. Información ambiental**

Tal y como se estableció en la metodología para la determinación de la calidad tanto fisicoquímica como biológica de agua superficial de la microcuenca se utilizaron los índices establecidos en el Decreto Ejecutivo N° 33903-MINAE-S “Reglamento para la Clasificación y Evaluación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales”. Para este caso se definieron 10 puntos de muestreo en tres cuerpos de agua (Ver Figura 29):

- Río Chiz (RCH): en este se definieron tres puntos de muestreo uno en la parte alta, otro en la parte media y un último en la parte baja.
- Río Maravilla (RM): al ser el río que atraviesa el centro poblacional de Juan Viñas se establecieron cuatro puntos de muestreo, teniendo dos puntos en la parte media de este.
- Quebrada Honda (RQH): en esta al igual que en el Río Chiz se definieron tres puntos de muestreo uno en la parte alta, otro en la parte media y un último en la parte baja.

Es importante mencionar que se utilizó la red de monitoreo ya establecida en la zona por el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional donde integrando información de puntos focales y difusos de contaminación, así como el uso de suelo de la microcuenca se definieron los puntos más representativos, tal y como se muestra en la Figura 26.



**Figura 26. Red de muestreo de ríos en la microcuenca Maravilla- Chiz**

Además, por falta de recursos económicos se optó por realizar únicamente una sesión de muestreo en cada época climática del año. Se hicieron en las siguientes fechas: 02 de mayo del 2016 (transición seca-lluviosa), 02 de setiembre del 2016 (lluviosa), 06 de diciembre del 2016 (transición lluviosa-seca) y 28 de febrero del 2017 (seca). En el Cuadro 4 describen de cada uno de los sitios de monitoreo donde se indica el cuerpo de agua muestreado, su ubicación en la microcuenca y una descripción del entorno.

**Cuadro 4. Descripción de los Sitios de la Red de Muestreo de agua superficial en la microcuenca Maravilla-Chiz**

<b>Punto</b>	<b>Nombre</b>	<b>Zona de la microcuenca</b>	<b>Descripción</b>
RQH – 01	Quebrada Honda	Alta	Uso de suelo agrícola, urbano y ganadería. Desfogues sobre la Quebrada Honda. Se observa residuos. Olor fuerte y desagradable.
RM – 04	Río Maravilla	Alta	Uso de suelo agrícola, urbano y ganadería. Desfogues de lechería. Río muy caudaloso. La muestra se tomó a la orilla de un puente (riesgo de hidrocarburos).
RQH - 02	Quebrada Honda	Alta	Uso de suelo: bosque y agrícola. La muestra se tomó cerca de las nacientes aprovechadas por la Municipalidad de Jiménez. Existe paso de un oleoducto de hidrocarburos de RECOPE que pasa sobre el río. Zona de alta pendiente y encañonada.
RQH – 03	Quebrada Honda	Baja	Uso de suelo: bosque, agrícola.
RM - 05	Río Maravilla	Media	Uso de suelo: bosque, agrícola. Existe una toma lateral tipo canal sobre el río, el cual lo deja casi sin caudal ecológico, luego de la toma de agua.
RCH – 08	Río Chíz	Media	Uso de suelo agrícola (caña de azúcar), bosque ribereño.
RM-06	Río Maravilla	Media	Uso de suelo agrícola (caña de azúcar), urbano. Altamente impactado por aguas residuales del Ingenio Juan Viñas. Se observa un abundante crecimiento de algas y alta temperatura del agua. Se desvía el cauce

Punto	Nombre	Zona de la microcuenca	Descripción
			natural del río en el sitio de muestreo dejando al río sin caudal ecológico.
RM-07	Río Maravilla	Media	Uso de suelo: agrícola, bosque. Zona muy encañonada. Acumulación de residuos Sólidos en las riberas del río.
RCH-09	Río Chíz	Media	Uso de suelo: agrícola (invernaderos de helecho). Algunas viviendas cercas del río.
RCH-10	Río Chíz	Baja	Uso de suelo: agrícola, bosque. No se observan residuos sólidos.

## RÍO CHIZ

El sitio **RCH08**, tal y como se observa en el Cuadro 5, mantuvo una contaminación incipiente durante todo el año, siendo peor en la estación seca, pues el PSO disminuyó hasta un 57%. Es importante mencionar que en campo se verificó una reducción considerable del caudal del río y, además, este punto se encuentra cercano a monocultivos de caña de azúcar, por lo cual probablemente existen aportes de contaminación difusa que pudieron afectar la oxigenación del cuerpo de agua.

**Cuadro 5. Índice Holandés en el Río Chiz de mayo del 2016 a febrero del 2017**

Punto	Sitio de muestreo	Transición Seca-Lluviosa	Estación Lluviosa	Transición Lluviosa-Seca	Estación Seca
<b>RCH08</b>	Cuenca Alta	4	4	5	6
<b>RCH09</b>	Cuenca Media	4	6	4	5
<b>RCH10</b>	Cuenca Baja	4	7	7	5

De igual manera, el sitio **RCH09** mantuvo una contaminación incipiente a lo largo del año de muestreo; sin embargo, es importante indicar que la estación con mayor degradación de calidad fisicoquímica fue la lluviosa. Esto se pudo dar debido a que aguas arriba de este punto se determinó la existencia de una elevada cantidad de fuentes difusas de contaminación de acuerdo con el mapa de amenaza de contaminación presentado anteriormente, por lo que con las lluvias características de la época, probablemente se generó un arrastre de partículas contaminantes.

El sitio **RCH10** correspondiente a la parte baja de la cuenca. Fue el punto de muestreo que presentó una mayor degradación, específicamente en la época lluviosa y en la de transición lluviosa-seca. Para la estación de transición se generó un mayor aporte de materia orgánica biodegradable, lo cual provocó a su vez un aumento en la DBO, resultando una concentración de 12,40 mg/l (ver Anexo 10). Cabe recalcar que aguas arriba de este punto se ubica la desembocadura del Río Maravilla al Río Chiz, si a esto se le suma que días antes del muestreo se habían presentado fuertes lluvias, se puede inferir que el arrastre de sedimentos y de contaminantes pudo haber ocasionado el aumento en la clase del índice holandés.

De igual manera, en la estación lluviosa hubo un aumento en las concentraciones de DBO (29,00 mg/l), DQO (50,00 mg/l) y SST (127,00 mg/l). Esto se pudo deber al aumento de la escorrentía que genera un mayor aporte de sedimentos y materia orgánica y, por ende, favorece el aumento en las concentraciones de estos parámetros. Asimismo, en este sitio la ribera del río se encuentra invadida por diversos cultivos agrícolas y, en consecuencia, no se respeta el área de protección establecida en la legislación. Cabe recalcar que la intervención de la ribera y el cambio del uso de suelo provocan alteraciones en la calidad fisicoquímica del agua (Kiffney et al., 2003).

En relación con la calidad biológica del Río Chiz, tal y como se muestra en el Cuadro 6, la estación con mayor afectación fue durante la lluviosa, presentando “aguas de calidad mala, muy contaminadas” para los sitios **RCH09** y **RCH10** y “aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas” para el sitio **RCH08**. Cabe resaltar que en consecuencia de

las lluvias probablemente se generan desplazamientos temporales de algunos grupos de la fauna de macroinvertebrados, producto de los cambios ocasionados en los regímenes de caudales y la modificación estacional de los microhábitats. Tanto para el sitio **RCH09** como para el **RCH10**, las familias con mayor presencia fueron Oligochaeta y Chironomidae, las cuales son indicadores de condiciones anaeróbicas y/o de alta contaminación (Ariza, 2016).

**Cuadro 6. Índice BMWP-CR en el Río Chiz de mayo del 2016 a febrero del 2017**

Punto	Sitio de muestreo	Transición Seca-Lluviosa	Estación Lluviosa	Transición Lluviosa-Seca	Estación Seca
<b>RCH08</b>	Cuenca Alta	42	10	26	30
<b>RCH09</b>	Cuenca Media	57	17	39	24
<b>RCH10</b>	Cuenca Baja	69	27	28	55

Asimismo, durante la estación de transición seca-lluviosa fue donde hubo una mejor calidad biológica del Río Chiz con una clase 3, es decir, “aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada” para el sitio **RCH10**. Durante la estación seca, de igual manera, se presentaron “aguas de calidad mala, muy contaminadas”, no obstante, esto se pudo deber a los bajos porcentajes de saturación de oxígeno (64,20%) en los diversos sitios de muestreo para esta época, pues según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) los porcentajes de saturación adecuados para la vida acuática son aquellos superiores al 70% e inferiores a este ya se empieza a generar una afectación directa al ecosistema del cuerpo de agua (Benavides et al., 2007).

En general, para el Río Chiz durante las cuatro estaciones se presentaron diferencias de más de una clase entre el Índice Holandés y el Índice BMWP-CR y, según el artículo 20 del Decreto Ejecutivo N° 33903-MINAE-S, cuando exista más de una clase de diferencia entre ambos índices el muestreo deberá repetirse, pero no se contaba con el presupuesto para remuestrear dichos puntos.

## RÍO MARAVILLA

En el Río Maravilla, tal y como se muestra en el Cuadro 7, los sitios que presentaron una mejor calidad fisicoquímica fueron el **RM04** y el **RM05**, ya que según el índice holandés tienen una contaminación incipiente. Cabe resaltar que para el sitio **RM04** hubo un aumento en el puntaje tanto para la estación lluviosa como para la seca; en la primera, el índice holandés se vio afectado debido a que la concentración de DBO fue de 12,00 mg/l, lo cual puede estar relacionado a los desfuegos de aguas residuales de lecherías ubicados aguas arriba del sitio muestreado. Para la estación seca, se obtuvo un PSO de 30,1%, lo cual probablemente explica la coloración verdosa encontrada al momento del muestreo debido a procesos de eutrofización; asimismo, esto pudo estar relacionado a la disminución del caudal en el río.

Dos factores que pudieron haber favorecido este proceso es que el cuerpo de agua contaba con flujo reducido, también el sitio se encuentra cercano a zonas agrícolas, entonces probablemente también hay aporte de fertilizantes. Los procesos eutróficos provocan una proliferación de algas, cianobacterias y/o macrófitas, las cuales impiden que la luz penetre hasta las regiones profundas de la columna de agua y, por ende, se disminuya la producción de oxígeno libre que a su vez aumenta el consumo de oxígeno de los organismos descomponedores (McDermott et al., 2009).

**Cuadro 7. Índice Holandés en el Río Maravilla de mayo del 2016 a febrero del 2017**

Punto	Sitio de muestreo	Transición Seca-Lluviosa	Estación Lluviosa	Transición Lluviosa-Seca	Estación Seca
<b>RM04</b>	Cuenca Alta	4	6	6	6
<b>RM05</b>	Cuenca Media 1	4	4	6	5
<b>RM06</b>	Cuenca Media 2	9	6	6	11
<b>RM07</b>	Cuenca Baja	7	6	6	9



Para el sitio **RM06**, la estación seca y la de transición seca-lluviosa obtuvieron una mayor degradación de la calidad fisicoquímica. Es importante mencionar que abajo de este sitio se encuentra una toma de aprovechamiento de agua que prácticamente deja sin caudal al cuerpo de agua y, además, está altamente impactado por aguas residuales provenientes del Ingenio Juan Viñas. Lo anterior pudo ocasionar la degradación de la calidad en estas estaciones, las cuales concuerdan con el período de zafra.

Para la estación seca y la de transición seca-lluviosa, el puntaje fue influido por las altas concentraciones de DBO y por el bajo PSO (ver Anexo 11). Por lo general, las aguas residuales provenientes de ingenios producen un aumento considerable en la DBO, DQO, en la carga de SST y, además, incrementa la temperatura del agua; de igual manera, esta actividad agropecuaria puede ocasionar un proceso de eutrofización debido a un enriquecimiento por fosfatos y nitratos (Astudillo-Aldana et al., 2017).

Esto se pudo comprobar en las altas temperaturas medidas en el cuerpo de agua (36.70 C° para la estación de transición seca-lluviosa y 33.00 C° para la estación seca) en la presencia de gran cantidad de algas. De igual manera, en la estación de transición seca-lluviosa, la DQO tuvo una concentración de 210 mg/l, por encima de los 150 mg/l establecidos como límite máximo permisible de descarga de aguas residuales en un cuerpo receptor en el Decreto Ejecutivo 33601-MINAE-S “Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales”.

El sitio **RM07** tuvo una mayor contaminación en la estación seca y en la transición seca-lluviosa, esto probablemente se generó por el arrastre de contaminantes provenientes de las actividades agrícolas industriales de la zona; los bajos porcentajes de oxígeno y las altas concentraciones de materia orgánica (ver Anexo 11), la presencia de residuos sólidos y las actividades agropecuarias aguas arriba del punto, fueron los factores que provocaron que, para estas estaciones, el cuerpo de agua presentara una contaminación físico-química moderada.

Por ende, los sitios que presentaron una mayor degradación según el índice holandés fueron el **RM06** y el **RM07**, específicamente para la estación seca y para la estación de transición seca-lluviosa. Es importante mencionar que los sitios más vulnerables en relación con la calidad de agua son las partes más bajas de las cuencas, pues se genera un impacto acumulado de las cargas de sedimentos, materia orgánica y contaminación antropogénica, esto generado por el aporte de los diferentes tributarios ubicados aguas arriba (Chará et al., 2014).

Tal y como se observa en el Cuadro 8, la calidad biológica del Río Maravilla osciló entre “aguas de calidad mala, contaminadas” y “aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas” de acuerdo con el Decreto Ejecutivo N° 33903-MINAE-S. Para el sitio **RM04** se observa que las estaciones lluviosa y seca presentaron la calidad biológica más degradada, siendo la carga orgánica contaminante y las condiciones eutróficas del cuerpo de agua factores que probablemente ayudaron a la disminución de la diversidad de macro invertebrados dulceacuícolas.

**Cuadro 8. Índice BMWP-CR en el Río Maravilla de mayo del 2016 a febrero del 2017**

Punto	Sitio de muestreo	Transición Seca-Lluviosa	Estación Lluviosa	Transición Lluviosa-Seca	Estación Seca
<b>RM04</b>	Cuenca Alta	33	17	32	24
<b>RM05</b>	Cuenca Media 1	46	27	33	40
<b>RM06</b>	Cuenca Media 2	3	20	22	4
<b>RM07</b>	Cuenca Baja	29	18	22	24

Cabe recalcar que la familia de macroinvertebrados bentónicos con mayor presencia en las cuatro campañas de muestreo fue Hidropsychidae, esta se caracteriza por encontrarse en zonas de corrientes moderadas a fuertes, donde filtran la materia orgánica en suspensión y pueden ser localmente muy abundantes (Springer 2010); asimismo, según Duque-Quintero

et al. (2010) esta familia tolera bajos niveles de contaminación por lo que se debe indagar más para determinar si efectivamente existe una degradación en la calidad del agua o, por el contrario, hay una limitación de microhábitats para las demás familias de macro invertebrados en el Río Maravilla.

El sitio con mayor degradación biológica fue el **RM06**, presentando en la estación de transición lluviosa-seca y en la seca “aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas”. Como se mencionó, en este punto una toma de aprovechamiento de agua del Ingenio Juan Viñas deja prácticamente sin caudal al río y, además, existen altas concentraciones de contaminantes. Los altos valores de DQO y DBO, 210 mg/l y 36 mg/l respectivamente, disminuyen el oxígeno en el agua y en consecuencia limita las especies no tolerantes a esta condición (Gil, 2014).

Es importante recordar que, tal y como se indicó, en RM06 se midieron altas temperaturas como consecuencia de los procesos realizados en el Ingenio Juan Viñas, lo cual probablemente influyó en el puntaje del BMWP-CR, pues según Roldán y Pérez (2016) el parámetro de temperatura es de vital importancia, por tanto influye en otros parámetros que inciden en la vida acuática y en las condiciones naturales de los cuerpos de agua, como el de oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica y el pH.

El sitio **RM07** presentó “aguas de calidad mala, muy contaminadas” durante las cuatro campañas de muestreo. Es importante mencionar que para este sitio no hubo correlación entre el índice holandés y el BMWP-CR, pues los puntajes del índice biológico más degradados se presentaron justamente cuando el cuerpo de agua tenía mejor calidad fisicoquímica. Lo anterior resalta la importancia de realizar determinaciones de la calidad del agua utilizando ambos índices, pues los índices físico-químicos presentan características dadas en un momento determinado, mientras que el biológico puede representar el estado ambiental a mayor tiempo, ya que una comunidad biológica necesita un periodo más largo para poder establecerse.

## QUEBRADA HONDA

De acuerdo con lo observado en la Tabla 6, se puede indicar que el punto **RQH01** se encuentra en el centro poblacional de Capellades y, según el Cuadro 9, alrededor del punto de muestreo existen fuentes potenciales de contaminación clasificadas como elevadas según la metodología POSH, por lo que la influencia de factores antropogénicos hace que este punto cuente con una mayor contaminación e inclusive en el último muestreo realizado en la época seca se clasificó como un cuerpo de agua con contaminación severa.

**Cuadro 9. Índice Holandés en la Quebrada Honda de mayo del 2016 a febrero del 2017**

Punto	Sitio de muestreo	Transición Seca-Lluviosa	Estación Lluviosa	Transición Lluviosa-Seca	Estación Seca
<b>RQH01</b>	Cuenca Alta	9	9	8	11
<b>RQH02</b>	Cuenca Media	5	6	4	6
<b>RQH03</b>	Cuenca Baja	3	4	7	7

Esta degradación de la calidad en el muestreo de época seca se generó principalmente por la alta concentración de DBO y de amonio, esto a su vez ocasionó una disminución en el porcentaje de saturación de oxígeno. Dicha condición se puede derivar a alguna descarga directa de aguas negras sobre la Quebrada Honda y también por la presencia de lecherías y terrenos dedicados a la ganadería. Según Suárez (2008), la demanda de oxígeno disuelto (OD), ya sea por la oxidación de la materia orgánica o inorgánica, desde la misma masa de agua o desde los sedimentos, crea problemas en todo el ecosistema acuático. Bajas concentraciones de oxígeno producen desajustes en el ecosistema, mortalidad de peces, olores y otros efectos estéticos desagradables.

Además, una de las situaciones más preocupantes con respecto al punto **RQH01** fue la detección de tres tipos diferentes de plaguicidas: clorpirifós (0.4 µg/l), tebuconazol (detectado) y clorotalonil (0.9 µg/l) (ver Anexo 13). De acuerdo con la base de datos del

Instituto Regional en Estudios sobre Sustancias Tóxicas (IRET-UNA) parte del comportamiento ambiental de estos contaminantes son:

- Clorpirifós: insecticida de baja solubilidad en agua y, además, tiene una tendencia a asociarse más con la fase orgánica que con la acuosa. Por lo general, es absorbido por el suelo y se degrada por acción microbiana al metabolito 3, 5, 6-tricloropiridin-2-ol (TCP). Es medianamente soluble, volátil, persistente y móvil en el suelo, también tiene un alto potencial de lixiviación. Es importante indicar que igualmente es un agroquímico con alto potencial de bioacumulación, por lo que se está generando una afectación directa a la vida acuática del cuerpo de agua.
- Tebuconazol: posee alta persistencia por lo que se acumula en el suelo. Además, su metabolito el 1, 2, 4-triazol es altamente soluble, no persistente, medianamente móvil en el suelo y tiene un potencial moderado de lixiviación al agua subterránea. En sistemas acuáticos es estable a la luz y muy resistente a la hidrólisis. Cabe recalcar que es muy persistente en la interface agua-sedimento. Con respecto a su eco toxicología, puede provocar en el ambiente acuático efectos negativos a largo plazo y el metabolito 1, 2, 4-triazol es medianamente tóxico para mamíferos, aves, peces, crustáceos y lombrices y de toxicidad baja para algas.
- Clorotalonil: su degradación en el suelo depende de la temperatura y de la presencia de microorganismos. De igual manera tiene bajo potencial de lixiviación y en el agua es estable a la fotólisis y muy persistente a la hidrólisis. El metabolito 4-hidroxi-2, 5, 6-tricloro-isoftalonitrilo es persistente, medianamente móvil en el suelo y puede lixiviar y el ácido 3-carbamil-2, 4, 5-triclorobenzoico es persistente y medianamente móvil.

En el punto **RQH02 y RQH03**, la calidad del agua mejoró debido principalmente a que el uso de suelo es en su mayoría es bosque y tampoco se encuentra cercano a núcleos poblacionales, por ende, se disminuye la cantidad de contaminantes vertidos en el cuerpo de agua. En el punto **RQH03**, no obstante, tanto en la época de transición lluviosa-seca como en la seca se generó un deterioro en la calidad, debido a la detección de una concentración de DBO de 13,00 mg/l en el muestreo de diciembre (ver Anexo 12) y una concentración de 0,67 mg/l de nitrógeno amoniacal (ver Anexo 12) en el muestreo de

febrero, lo cual indica una contaminación por algún vertido de aguas de carácter agropecuario y/o escorrentía de agroquímicos al cuerpo de agua.

**Cuadro 10. Índice BMWP-CR en la Quebrada Honda de mayo del 2016 a febrero del 2017**

Punto	Sitio de muestreo	Transición Seca-Lluviosa	Estación Lluviosa	Transición Lluviosa-Seca	Estación Seca
<b>RQH01</b>	Cuenca Alta	9	14	12	9
<b>RQH02</b>	Cuenca Media	56	45	23	46
<b>RQH03</b>	Cuenca Baja	61	55	20	50

En relación con el análisis de macroinvertebrados, se puede observar que en el punto **RQH01** durante todo el año de muestreo se obtuvo una calidad muy mala, extremadamente contaminada, confirmando el deterioro de la calidad del cuerpo de agua tanto físico-química como biológica en la parte alta, pues la quebrada atraviesa uno de los centros poblacionales más importantes de la microcuenca.

El aporte de contaminantes orgánicos y la detección de plaguicidas en ese punto pudo haber influido en la poca diversidad de familias de macroinvertebrados, además, la poca heterogeneidad de microhábitats, determinada por Alfaro (2019) también pudo haber limitado la presencia y diversidad de macroinvertebrados. Cabe recalcar que en todas las estaciones la familia con mayor abundancia para este sitio fue la Chironomidae, la cual se identifica por ser altamente tolerante a la contaminación y abunda en aguas con procesos de eutrofización.

Con respecto al sitio **RQH02**, en tres de las cuatro estaciones presentó “*aguas de calidad mala, contaminadas*”; empero, en la estación de transición lluviosa-seca se generó una degradación de la calidad biológica del cuerpo de agua y pasó a tener “*aguas de calidad mala, muy contaminadas*”, probablemente provocada por las fuentes de contaminación difusa y/o por la reducción del caudal del río, las cuales se presentan de forma permanente

en la zona. Llama la atención que exista presencia de la clase Oligochaeta, pues había una buena oxigenación del cuerpo de agua; según autores como Prat et al. (1992) y Arrubla et al. (2003) los oligoquetos aumentan cuando existen bajos niveles de oxígeno; no obstante, sí coincide en el hecho de que se encuentran por lo general en aguas turbias y posiblemente con presencia de contaminantes orgánicos.

Por último, el sitio **RQH03** en la estación de transición seca-lluviosa presentó la mejor calidad de todo el río Quebrada Honda con “aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada”. De igual manera que en el sitio **RQH02**, la mayor degradación biológica se presentó en la estación lluviosa-seca con “aguas de calidad mala, muy contaminadas”. Cabe resaltar que estos sitios de muestreo se caracterizan por presentar más oxigenación y, por ende, existe una mayor autodepuración del cuerpo de agua debido a la presencia de rápidos, lo cual favorece una mayor diversidad biológica.

#### **7.1.11. Taller de Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)**

La Matriz FODA se aplicó contando con la participación de diversos actores de instituciones públicas (MAG, MINAE) también se presentaron actores locales, contando con la participación de representantes de la Municipalidad de Jiménez y educadores de algunas Escuelas de las comunidades.

Para el análisis se les pidió a los participantes que externaran su opinión acerca de cuáles eran las principales problemáticas ambientales que enfrentan en la zona para lograr una GIRH.

**Cuadro 11. Análisis FODA de la situación de la microcuenca Maravilla-Chiz.**

	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<b>Análisis Interno</b>	<p>Cuenca pequeña y poco poblada, lo cual permite mejor intervención de parte de las instituciones públicas para implementar acciones relacionadas a la GIRH.</p> <p>Existe voluntad política de los actores locales y de las instituciones públicas para iniciar proyectos que busquen una GIRH.</p> <p>Abundante disponibilidad hídrica.</p> <p>Presencia de instituciones que intervienen sobre el tema hídrico.</p> <p>Condiciones climáticas favorables.</p> <p>Estar dentro de la cuenca del río Reventazón (Manejo de cuenca COMCURE, ICE).</p>	<p>Pocos recursos económicos para invertir en proyectos relacionados a la GIRH.</p> <p>Falta de información y capacitación en instituciones.</p> <p>Falta de coordinación y planificación entre prestadores de servicios públicos.</p> <p>Pérdida de suelo por escorrentía superficial, erosión y sedimentación.</p> <p>Falta de control de aguas residuales.</p> <p>No poder implementar protección de nacientes como un gasto operativo.</p>
	<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<b>Análisis Externo</b>	<p>Fortalecimiento en la recaudación financiera de las instituciones públicas que permita generar más recursos.</p> <p>Trabajo en conjunto Hacienda – comunidad</p> <p>Facilidad de trabajo en conjunto de actores.</p> <p>Más probabilidad de integración de la comunidad y otros actores (zona</p>	<p>Fuerte actividad agrícola en la microcuenca.</p> <p>Un solo dueño de una gran parte de la microcuenca.</p> <p>Invasión a zonas de protección de ríos y nacientes.</p> <p>Malas prácticas agrícolas.</p> <p>Infraestructuras de acueductos en zonas privadas.</p> <p>Deslizamientos y fallas activas.</p>



	<p>rural).</p> <p>Posibilidad que se integren ASADAS al acueducto municipal (aumenta gestión y recaudación, optimización para el manejo integral de la cuenca).</p> <p>Oportunidad de utilizar la cuenca como un corredor biológico.</p>	<p>Falta control en la importación y uso de plaguicidas.</p>
--	--	--

La Matriz FODA facilita una serie de sugerencias básicas que funcionan como primera respuesta a la problemática y oportunidades de mejora identificada en el área de estudio.

Entre estas sugerencias generales se pueden exponer las siguientes:

- Definir medidas de ahorro en el consumo del agua para el uso urbano, industrial o ganadero y principalmente agrícola.
- Mejorar la eficiencia de la infraestructura de transporte de agua.
- Incremento de la depuración/tratamiento de las aguas residuales.
- Establecer medidas en la agricultura con el fin de eliminar las fuentes de contaminación difusa y reducir los procesos erosivos.
- Mantener una limpieza periódica de todos los tanques sépticos.
- Definir medidas para la adaptación y control de daños producidos por el cambio climático.
- Implicar y hacer partícipe a los usuarios y a la población en general, en los asuntos relacionados con la gestión del agua.

A partir del análisis FODA se van a desarrollar las estrategias para la GIRH en la microcuenca de estudio. Las estrategias que se plantean son de cuatro tipos:

- Estrategias Ofensivas (O-F): incluyen las Fortalezas para aprovechar las Oportunidades.
- Estrategias Reactivas (D-O): estas estrategias pretenden superar las Debilidades aprovechando las Oportunidades.
- Estrategias Defensivas (F-A): usar las Fortalezas para evitar las Amenazas.
- Estrategias adaptativas (D-A): reducir las Debilidades y evitar las Amenazas.

## **7.2. FASE II: DETERMINACIÓN DE INDICADORES**

### **7.2.1. Generación y definición de los indicadores**

Una vez completado el proceso de diagnóstico de la zona de estudio y la definición de la línea base, se inició con el proceso de búsqueda de los indicadores que se adaptaran de la mejor manera a las condiciones encontradas en la microcuenca Maravilla-Chíz. En este sentido, según se planteó metodológicamente, se inició con la generación de los indicadores que se realizó mediante la matriz “problema-solución-indicador” (Cuadro 12).

En esta actividad se identifica un problema relacionado a la gestión integrada del recurso hídrico, de acuerdo con lo encontrado en el diagnóstico, y posteriormente se determina cuál podría ser una posible solución a este problema, de esta teórica solución nace el indicador que se propone. Esta actividad permitió generar un panorama más consciente sobre lo que representaban las características encontradas en la microcuenca en cuanto a su relación con la gestión integrada del recurso hídrico.

Es importante resaltar que parte de este listado de indicadores se logró a partir de la participación social (realización de encuestas, identificación de actores con la metodología CLIP y el análisis FODA) dando el aporte participativo de las comunidades en su construcción. En todas estas actividades se trabajó en la identificación de indicadores apropiados para la evaluación de los conflictos establecidos por la condición de vulnerabilidad del recurso hídrico.

**Cuadro 12. Matriz Problema-Solución Indicador**

<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>INDICADOR</b>
Existencia de comunidades en la microcuena que no aplican una gestión integral de residuos sólidos.	Incrementar progresivamente las comunidades que aplican una Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Porcentaje de comunidades en la microcuena con implementación de una gestión integral de residuos sólidos.
Faltante de centros de transferencia de residuos sólidos en la microcuena.	Buscar mecanismos de financiamiento para aumentar los centros de transferencia de residuos en la microcuena.	Cantidad de centros de transferencia de residuos en la microcuena.
Falta de concientización en temas de manejo de residuos sólidos de los habitantes de la microcuena.	Charlas y Talleres de Sensibilización en temas de manejo adecuado de residuos sólidos.	Presencia de residuos sólidos en las riveras y cauces de los ríos por época.
Deficiencias en la aplicación del proyecto de Basura Cero.	Identificar oportunidades de mejora en el proyecto y empezar a aplicarlas.	Porcentaje de oportunidades de mejora implementadas en el proyecto de “Basura Cero”.
Poca coordinación entre las instituciones relacionadas con la GIRH para establecer un programa de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuena.	Capacitación para la coordinación de los funcionarios y funcionarias de las instituciones involucradas en la GIRH para establecer el programa de monitoreo de calidad de agua superficial en la microcuena. Capacitar a los funcionarios y funcionarias de las instituciones relacionadas con la GIRH para que puedan gestionar adecuadamente los resultados del programa de monitoreo.	Cantidad de talleres impartidos a las diversas instancias involucradas en la GIRH para que conozcan la importancia del programa de monitoreo. Cantidad de funcionarios y funcionaras capacitadas para que se realice una adecuada gestión de los resultados del programa de monitoreo.

<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>INDICADOR</b>
Desconocimiento de la calidad biológica de los cuerpos de agua existentes en la microcuenca.	Realizar muestreos biológicos de calidad de agua de acuerdo con las metodologías establecidas en el DE-33903-MINAE-S.	Clasificación del cuerpo de agua según el índice biológico BMWP-CR.
Desconocimiento de la calidad físico-química de los cuerpos de agua existentes en la microcuenca.	Realizar muestreos físico-químicos de calidad de agua de acuerdo con las metodologías establecidas en el DE-33903-MINAE-S.	Clasificación del cuerpo de agua según el índice holandés.
Afectaciones sobre los caudales naturales de ríos y quebradas de la microcuenca.	Ejercer presión sobre las instituciones pertinentes para la fiscalización de los represamientos.	Cantidad de represamientos nuevos por año.  Cantidad de campañas de control de represamientos, implementadas por las instituciones pertinentes.
Contaminación del recurso hídrico mediante desfogues de aguas residuales sin tratamiento.	Identificar los puntos de desfogues y remitir la denuncia a las instituciones pertinentes.	Cantidad de denuncias atendidas relacionadas a desfogues de aguas residuales sin tratamiento.
Poco control en los aprovechamientos de agua superficial y subterránea concesionado por la Dirección de Agua del MINAE.	Realizar campañas de control de y se instalación de obras calibradoras a las concesiones que se encuentren dentro de la microcuenca para que no aprovechen más caudal del concesionado.	Cantidad de concesiones de agua con hidrómetro y/u obra calibradora.  Cantidad de campañas de control realizadas por la Dirección de Agua.
Desconocimiento del procedimiento para concesionar aprovechamientos de aguas superficiales y/o subterráneas.	Invitar a la institución competente a que realice talleres informativos en las comunidades de la microcuenca.	Cantidad de talleres realizados por la Dirección de Agua para dar a conocer la importancia de concesionar los aprovechamientos.

<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>INDICADOR</b>
Pocos datos del caudal de los cuerpos de agua en la microcuenca.	Realizar aforos mensuales utilizando la red de aforos del Laboratorio de Hidrología Ambiental de la Universidad Nacional.	Caudal promedio de los aforos realizados en cada uno de los cuerpos de agua superficial.
Vertidos puntuales de aguas residuales en la microcuenca sin control.	Cuantificación de las aguas residuales vertidas.	Cantidad de desfuegos puntuales de aguas residuales sin permiso de vertido otorgado. Volumen de aguas residuales vertidas a los cuerpos de agua superficial de la microcuenca.
Desconocimiento de alternativas de tratamiento de aguas residuales.	Realizar talleres para la construcción, implementación y mantenimiento de biojardineras.	Cantidad de talleres y capacitaciones para la construcción, implementación y mantenimiento de biojardineras al año.
Inexistencia de biojardineras en la microcuenca.	Implementación de biojardineras en la microcuenca.	Número de biojardineras implementadas en la microcuenca.
Falta de iniciativa en las comunidades para interponer denuncias ambientales.	Desarrollo de capacidades en las comunidades de la microcuenca para que las personas conozcan los mecanismos para interponer denuncias ambientales.  Realización de talleres donde se capacitará a las comunidades presentes en la microcuenca sobre los diversos delitos ambientales.	Número de denuncias ambientales interpuestas al año Cantidad de talleres realizados en la microcuenca relacionados a como interponer una denuncia por delitos ambientales.

<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>INDICADOR</b>
Inexistencia de un plan de GIRH implementado por las Municipalidades.	Formulación e implementación de planes municipales hídricos.	Cantidad de acciones implementadas, por parte de las municipalidades, relacionadas a la gestión integral del recurso hídrico.
Falta de capacitación de funcionarios y funcionarias municipales en temas de GIRH.	Fomento de capacitaciones en GIRH.	Número de funcionarios y funcionarias municipales capacitadas en temas de GIRH al año.
Falta de información sobre el uso racional del recurso hídrico.	Realización de campañas de educación para el uso racional del recurso hídrico.	Cantidad de estudiantes participantes en las campañas de educación para un uso racional del recurso hídrico.
Falta de información y de personal capacitado para orientar los programas de educación ambiental y de gestión integral del recurso hídrico.	Participación de especialistas en recurso hídrico en la revisión de programas educativos.	Cantidad de técnicos de entidades vinculadas a la gestión del agua participantes en la revisión de programas educativos al año.
Falta de conocimiento sobre la GIRH.	Ejecución de capacitaciones enfocadas a la GIRH por técnicos de entidades vinculadas al recurso hídrico.	Número de capacitaciones brindadas por técnicos de entidades vinculadas a la GIRH al año.
Escasa información sobre la GIRH en los programas de educación primaria y secundaria.	Revisión de los programas educativos a nivel de primaria y secundaria para la incorporación del concepto de GIRH y adaptación al cambio climático.	Cantidad de programas educativos a nivel de primaria y secundaria revisados al año para la incorporación del concepto de GIRH.
Falta de espacios informativos en temas de GIRH.	Realización de talleres y ferias ambientales y culturales relacionadas a la GIRH.	Cantidad de talleres, ferias ambientales y actividades culturales relacionadas a la GIRH al año.

<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>INDICADOR</b>
Poca asignación oportuna de recursos institucionales para la ejecución de los programas y proyectos relacionados con la GIRH.	Dotar de herramientas técnicas a las instituciones para ejecutar los proyectos y obtener mejores resultados.	Número de instituciones que participan activamente en la implementación de los proyectos durante la ejecución del Plan de GIRH.
Poca vinculación técnica de las instituciones con los productores.	Mejorar los procesos de monitoreo y de acompañamiento de las instituciones hacia los productores de la microcuenca.	Cantidad de visitas periódicas de asistencia técnica por parte del MAG y del MINAE a los productores de la microcuenca durante la ejecución del Plan GIRH.
Vulnerabilidad en la microcuenca por procesos de erosión	Identificación de zonas vulnerables por procesos de erosión	Porcentaje de la microcuenca vulnerable a la erosión.
No existe información sobre la cantidad de pérdida de suelo al año en la microcuenca	Cuantificación anual de pérdida del suelo	Toneladas de suelo perdido por hectárea al año
Falta de técnicas y tecnologías en fincas para la conservación de suelos	Capacitar a productores agrícolas en técnicas y tecnologías de conservación de suelos	Cantidad de fincas con técnicas y tecnologías de conservación de suelos
Aumento de la escorrentía superficial por la compactación de suelos.	Ejecutar capacitaciones enfocadas en técnicas de disminución de la impermeabilización de suelos.	Porcentaje de suelos impermeabilizados.
Perdida de la fertilidad de suelos y aceleración de procesos erosivos debido a la ganadería extensiva.	Implementar acciones para evitar en las actividades agropecuarias el incremento en la tasa de erosión.	Porcentaje de hectáreas erosionadas.
Falta de información sobre los procedimientos de inscripción de fincas bajo el Programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA)	Fomentar la inscripción de fincas bajo el Programa PSA, por parte de FONAFIFO	Cantidad de hectáreas bajo el Programa PSA.

<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>INDICADOR</b>
Cambio de uso de suelo.	Mapear las zonas de cobertura boscosa y monitorearlas.	Número de hectáreas de zona de bosque en la microcuenca.
Necesidad de aumentar la cobertura boscosa a lo largo de la microcuenca.	Actividades de reforestación en las zonas altas y franjas ribereñas de los ríos.	Número de actividades de reforestación al año.
Incumplimiento de las zonas de protección de nacientes establecidas por ley.	Levantamiento de información sobre las nacientes en la microcuenca Fiscalizar del área de protección de las nacientes.	Porcentaje de nacientes que cumplen e incumplen con el área de la zona de protección.
Deforestación de las zonas de protección de nacientes.	Generación de campañas de reforestación en las zonas de protección de nacientes.	Número de actividades de reforestación de zonas de protección de nacientes al año.
Desconocimiento y desprotección de las zonas de recarga de la microcuenca.	Identificar y proteger las zonas de recarga en la microcuenca.	Porcentaje de las de zonas de recarga en la microcuenca con cobertura boscosa. Porcentaje de nacientes vulnerables a contaminación por actividades aguas arriba.
Poca área dedicada a la producción orgánica en la microcuenca.	Incentivar la producción orgánica dentro de la microcuenca.	Porcentaje de área de cultivo destinado a la producción orgánica.
Poca diversificación de producción agrícola.	Impulsar la diversificación de la producción agrícola mediante talleres a productores agrícolas.	Número de productores con parcelas bajo una producción agrícola diversificada.
Poca área donde se realizan buenas prácticas agrícolas.	Incentivar las buenas prácticas agrícolas dentro de la microcuenca.	Cantidad de hectáreas bajo buenas prácticas agrícolas.



<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>INDICADOR</b>
Falta de tecnologías para el uso eficiente de agua en el sector agropecuario.	Incentivar tecnologías para el uso eficiente del agua por parte del sector agropecuario.	Cantidad de paquetes tecnológicos validados y adoptados por los sectores productivos.
Vulnerabilidad de zonas de recarga a contaminación por actividades productivas.	Levantamiento para determinar las actividades productivas que podrían contaminar la microcuenca.	Área de zonas de recarga con vulnerabilidad a contaminación por actividades productivas.
Posible presencia de agroquímicos en los cuerpos de agua presentes en la microcuenca.	Identificar sitios con alta vulnerabilidad de contaminación por agroquímicos y verificar si hay presencia o no de estos.	Porcentaje de sitios con presencia de agroquímicos.
Producción de caña de azúcar bajo un modelo convencional con un alto uso de plaguicidas.	Implementación de buenas prácticas agrícolas en la producción de caña de azúcar	Porcentaje de incremento anual de producción de caña de azúcar mediante buenas prácticas agrícolas.
Tecnologías deficientes en el uso racional del agua en la producción agrícola.	Capacitación a los productores en nuevas tecnologías más eficientes en el uso de agua para riego.	Porcentaje de parcelas con riego por goteo y/o aspersión.
Ausencia de políticas institucionales adecuadas dirigidas hacia el desarrollo productivo local sostenible.	Fomentar la generación políticas y acciones que favorezcan a los productores locales en la producción local sostenible.	Programas que vinculen a los productores locales sobre temas de producción local sostenible.
Estructura deficiente en los acueductos presentes en la microcuenca.	Levantamiento de información de fugas en las tuberías.	Número de fugas detectadas y arregladas en el acueducto al año.
Falta de tecnologías de ahorro y uso racional del recurso hídrico.	Implementación de tecnologías para el uso racional del recurso hídrico.	Porcentaje de viviendas con al menos una tecnología implementada para el uso racional del recurso hídrico.
Deficiencia organizativa y de infraestructura en las ASADAS de la microcuenca.	Propuesta e implementación de Planes de Seguridad del Agua.	Porcentaje de ASADAS que cuentan con Plan de Seguridad del Agua.

<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>INDICADOR</b>
Desconocimiento de la cantidad y calidad de aguas residuales vertidas a la microcuenca.	Determinar la cantidad y las características de las aguas residuales vertidas sin tratamiento a la microcuenca.	Cantidad de aguas residuales vertidas sin tratamiento en la microcuenca.
Inexistencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales ordinarias en la microcuenca.	Construcción un sistema de tratamiento de aguas residuales en la región.	Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales.
Desconocimiento de la cantidad y calidad de aguas residuales vertidas a la microcuenca.	Cuantificación de las aguas residuales tratadas una vez entrada en operación la PTAR.	Volumen de aguas residuales tratadas al mes.
Contaminación del agua para consumo humano.	Mejoramiento de los controles de vigilancia de los sistemas de captación, conducción, desinfección y distribución de los acueductos de la microcuenca.	Casos de enfermedades de transmisión hídrica al año.
Desconocimiento del mantenimiento preventivo de los tanques sépticos.	Realizar talleres a la población sobre principios básicos del mantenimiento preventivo de los tanques sépticos.	Control sobre la cantidad de tanques sépticos que reciben mantenimiento al año.
Incumplimiento en la normativa aplicable sobre la construcción de tanques sépticos.	Desarrollo de capacidades técnicas en los funcionarios municipales para la fiscalización sobre construcción de tanques sépticos.	Controles sobre construcción y mantenimiento de tanques sépticos al año, por personas funcionarias municipales.
Desconocimiento generalizado de la funcionalidad de cosechas de agua.	Realizar talleres para la construcción e implementación de cosechas de agua.	Cantidad de talleres para la construcción e implementación de cosechas de agua al año.

<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCION</b>	<b>INDICADOR</b>
Inexistencia de cosechas de agua en la microcuenca.	Implementación de cosechas de agua en la microcuenca.	Número de cosechas de agua implementadas en la microcuenca.

### **7.2.2. Matriz de selección de indicadores**

Los 59 indicadores del cuadro 12 se clasificaron en tres categorías: presión, estado y respuesta. Se obtuvieron 22 indicadores de estado, 14 de presión y 23 de respuesta. En la selección de los indicadores se usaron 11 criterios tal y como se muestra en el Cuadro 13. Finalmente, se obtuvieron 42 indicadores, 17 de estado, 7 de presión y 18 de respuesta.

**Cuadro 13. Indicadores P-E-R seleccionados**

INDICADORES DE PRESIÓN	INDICADORES DE ESTADO	INDICADORES DE RESPUESTA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen de aguas residuales vertidas a los cuerpos de agua de la microcuenca.</li> <li>- Porcentaje de zonas vulnerables a la erosión.</li> <li>- Toneladas de suelo perdido por hectárea al año.</li> <li>- Número de fugas detectadas y arregladas en el acueducto al año.</li> <li>- Porcentaje de nacientes que cumplen e incumplen con el área de la zona de protección.</li> <li>- Volumen de aguas residuales tratadas al mes</li> <li>- Área de zonas de recarga con vulnerabilidad a contaminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje de comunidades en la microcuenca con implementación de una gestión integral de residuos sólidos.</li> <li>- Clasificación del cuerpo de agua según el índice biológico BMWP-CR.</li> <li>- Clasificación del cuerpo de agua según el índice holandés.</li> <li>- Porcentaje de sitios con presencia de agroquímicos.</li> <li>- Cantidad de concesiones de agua con hidrómetro y/u obra calibradora.</li> <li>- Caudal promedio de los aforos realizados en cada uno de los cuerpos superficiales.</li> <li>- Número de biojardineras implementadas en la microcuenca</li> <li>- Número de cosechas de agua implementadas en la microcuenca.</li> <li>- Porcentaje de viviendas con al menos una</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje de oportunidades de mejora implementadas en el proyecto de “Basura Cero”.</li> <li>- Cantidad de talleres realizados por la Dirección de Agua para dar a conocer la importancia de concesionar los aprovechamientos</li> <li>- Número de denuncias ambientales interpuestas al año</li> <li>- Cantidad de acciones implementadas, por parte de las municipalidades, relacionadas a la gestión integral del recurso hídrico.</li> <li>- Número de funcionarios y funcionarias municipales capacitadas en temas de GIRH al año.</li> <li>- Cantidad de talleres y capacitaciones para la construcción, implementación y mantenimiento de biojardineras al año.</li> </ul>

INDICADORES DE PRESIÓN	INDICADORES DE ESTADO	INDICADORES DE RESPUESTA
	<p>tecnología implementada para el uso racional del recurso hídrico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad de paquetes tecnológicos validados y adoptados por los sectores productivos.</li> <li>- Número de productores con parcelas bajo una producción agrícola diversificada.</li> <li>- Cantidad de programas educativos a nivel de primaria y secundaria revisados al año para la incorporación del concepto de GIRH</li> <li>- Porcentaje de ASADAS que cuentan con Plan de Seguridad del Agua</li> <li>- Cantidad de fincas con técnicas y tecnologías de conservación de suelos</li> <li>- Cantidad de hectáreas bajo el PSA.</li> <li>- Porcentaje de eficiencia de la planta de tratamiento</li> <li>- Área de zonas de recarga con cobertura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad de talleres para la construcción e implementación de cosechas de agua al año.</li> <li>- Porcentaje de área dentro de la microcuenca bajo una producción orgánica.</li> <li>- Cantidad de hectáreas bajo buenas prácticas agrícolas.</li> <li>- Porcentaje de incremento de producción de caña de azúcar bajo buenas prácticas agrícolas</li> <li>- Cantidad de estudiantes participantes en las campañas de educación para un uso racional del recurso hídrico.</li> <li>- Cantidad de técnicos de entidades vinculadas a la gestión del agua participantes en la revisión de programas educativos al año</li> <li>- Número de capacitaciones brindadas por</li> </ul>

INDICADORES DE PRESIÓN	INDICADORES DE ESTADO	INDICADORES DE RESPUESTA
	boscosa	<p>técnicos de entidades vinculadas a la gestión del agua al año</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad de talleres, ferias ambientales y actividades culturales relacionadas a la GIRH al año.</li> <li>- Porcentaje de recuperación de pérdida de suelo luego de la implementación</li> <li>- Número de actividades de reforestación al año.</li> <li>- Número de actividades de reforestación de zonas de protección de nacientes al año.</li> </ul>

## **7.3. FASE III: Propuesta del Plan de Gestión Integral del Recurso Hídrico**

### **7.3.1. Elaboración del PGIRH**

Para la elaboración del PGIRH (ver Cuadro 14, 15 y 16) se tomaron como base tanto los indicadores seleccionados como las necesidades de mejora para una adecuada gestión integral del recurso hídrico, identificadas en el diagnóstico realizado. A partir de esto, se definieron los objetivos prioritarios, así como las actividades a ejecutar para fortalecer la protección del recurso; además, se tomaron en cuenta acciones de mitigación, adaptación y recuperación de la microcuenca.

En el plan se incluyeron los indicadores seleccionados para evaluar el logro de las acciones propuestas; estos indicadores fueron escogidos de acuerdo con las necesidades identificadas y mediante un proceso social con las comunidades presentes en la microcuenca. Los responsables se establecieron según las competencias y funciones de las instituciones públicas, especialmente incluyendo a aquellas con mayor relación a la protección del recurso hídrico, tales como SENARA, Dirección de Agua del MINAE, AyA, municipalidades, Ministerio de Salud y SINAC.

De igual manera se tomó en cuenta el fortalecimiento de acciones que ya se están realizando dentro de la microcuenca y que eventualmente tendrían puntos de mejora que ayudarían a una gestión más adecuada del recurso hídrico tales como: programas de Basura Cero, monitoreo de calidad de aguas superficiales, línea de base de caudales de los cuerpos de agua de la microcuenca y educación ambiental.



**Cuadro 14. Acciones de Mitigación del PGIRH para la Microcuenca Maravilla-Chiz**

MITIGACIÓN				
Objetivos	Actividades	Indicadores de logro	Tiempo	Responsables
1. Mejorar la Gestión Integral de Residuos Sólidos dentro de la microcuenca.	1.1 Identificación de oportunidades de mejora en el proyecto ya establecido de “Basura Cero”, desarrollado por la UCR.	1.1.1 Porcentaje de oportunidades de mejora implementadas en el proyecto de “Basura Cero”.	2020 al 2022	Municipalidades MinSA
	1.2 Adaptación e implementación del proyecto de “Basura Cero” en las comunidades donde no se ha implementado.	1.2.1 Porcentaje de comunidades en la microcuenca con implementación de una gestión integral de residuos sólidos.		

<p>2. Implementar un programa de monitoreo de calidad de agua en la microcuenca Maravilla-Chiz.</p>	<p>2.1. Concientización de las instancias involucradas en la GIRH sobre la necesidad e importancia de un programa monitoreo en la microcuenca.</p> <p>2.2. Capacitación a funcionarios y funcionarias involucradas en la formulación del programa de monitoreo para que se realice una adecuada gestión de los resultados.</p> <p>2.3. Ejecución campañas de monitoreo de la calidad físico-química y biológica con base en el Decreto Ejecutivo N° 33903-MINAE-S.</p>	<p>2.1.1. Cantidad de talleres impartidos a las diversas instancias involucradas en la GIRH para que conozcan la importancia del programa de monitoreo.</p> <p>2.2.1. Cantidad de funcionarios y funcionaras capacitadas para que se realice una adecuada gestión de los resultados del programa de monitoreo.</p> <p>2.3.1. Clasificación del cuerpo de agua según el índice biológico BMWP-CR.</p> <p>2.3.2. Clasificación del cuerpo de agua según el índice holandés.</p> <p>2.3.3. Porcentaje de sitios con presencia de agroquímicos.</p>	<p>2020 al 2025</p>	<p>MINAE Universidades públicas Municipalidades</p>
---	--	---	---------------------	---

<p>3. Establecer un control sobre los aprovechamientos del agua superficial y subterránea.</p>	<p>3.1. La comisión de la microcuenca deberá establecer contactos con la Dirección de Agua para que se realicen campañas de control y se instalen obras calibradoras a las concesiones que se encuentren dentro de la microcuenca para que no aprovechen más caudal del concesionado.</p> <p>3.2. Realización de talleres en conjunto con la Dirección de Agua, enfocado al sector agropecuario, para dar a conocer la importancia de concesionar los aprovechamientos y de tener un control tanto en cantidad como en calidad.</p>	<p>3.1.1. Cantidad de concesiones de agua con hidrómetro y/u obra calibradora.</p> <p>3.2.1. Cantidad de campañas de control realizadas por la Dirección de Agua.</p> <p>3.2.2. Cantidad de talleres realizados por la Dirección de Agua, al sector agropecuario presente en la microcuenca, para dar a conocer la importancia de concesionar los aprovechamientos.</p>	<p>2020 al 2021</p>	<p>MINAE</p>
--	---	---	---------------------	--------------

<p>4. Realizar una línea base de los caudales de diversos cuerpos de agua dentro de la microcuenca.</p>	<p>4.1. Elaboración de aforos de los cuerpos superficiales de la microcuenca mensuales o por estaciones hidrológicas.</p>	<p>4.1.1. Caudal promedio de los aforos realizados en cada uno de los cuerpos superficiales.</p>	<p>2020 al 2025</p>	<p>MINAE Municipalidades Universidades públicas</p>
<p>5. Generar mecanismos de control sobre los vertidos puntuales de aguas residuales.</p>	<p>5.1. Elaboración de un inventario de fuentes puntuales de desfuegos de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales sin permiso de vertido otorgado.</p> <p>5.2. Caracterización y cuantificación de las aguas residuales vertidas a los cuerpos de agua de la microcuenca.</p>	<p>5.1.1. Cantidad de desfuegos puntuales de aguas residuales sin permiso de vertido otorgado.</p> <p>5.2.1. Volumen de aguas residuales vertidas a los cuerpos de agua de la microcuenca.</p>	<p>2020 al 2022</p>	<p>MINAE MinSa</p>

<p>6. Desarrollo de capacidades en las comunidades de la microcuenca sobre los mecanismos existentes para interponer denuncias ambientales.</p>	<p>6.1. Elaboración de un manual para que las personas conozcan la manera de interponer una denuncia en las diversas instituciones relacionadas al medio ambiente.</p> <p>6.2. Realización de talleres donde se hará la entrega del manual y se capacitará a las comunidades presentes en la microcuenca sobre los diversos delitos ambientales.</p>	<p>6.1.1. Número de denuncias ambientales interpuestas al año.</p> <p>6.2.1. Cantidad de talleres realizados en la microcuenca para entregar el manual</p>	<p>2020 al 2021</p>	<p>MINAE MinSa Municipalidades</p>
---	--	--	---------------------	--

<p>7. Fortalecer la planificación de las municipalidades en la GIRH.</p>	<p>7.1. Formulación e implementación de planes municipales de GIRH.</p> <p>7.2. Desarrollo de un programa de capacitación en GIRH para los alcaldes, regidores y técnicos de las municipalidades.</p>	<p>7.1.1. Cantidad de acciones implementadas, por parte de las municipalidades, relacionadas a la gestión integral del recurso hídrico.</p> <p>7.2.1. Número de funcionarios y funcionarias municipales capacitadas en temas de GIRH.</p>	<p>2021 al 2023</p>	<p>Gobiernos locales IFAM Unión de Municipalidades</p>
<p>8. Establecer procedimientos para la detección y control de zonas que presenten erosión.</p>	<p>8.1. Identificación de las zonas vulnerables por erosión, mediante levantamiento en campo y análisis con sistemas de información geográfica.</p> <p>8.2. Modelación de la evaluación de la pérdida de suelo.</p>	<p>8.1.1. Área de zonas vulnerables por erosión.</p> <p>8.2.1. Toneladas por hectárea al año de pérdida de suelo.</p>	<p>2021 al 2024</p>	<p>MAG</p>

**Cuadro 15. Acciones de recuperación del PGIRH para la Microcuenca Maravilla-Chiz**

<b>RECUPERACIÓN</b>				
<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Indicadores de logro</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Responsables</b>
9. Implementar técnicas y tecnologías para la conservación de suelos y prevención de la erosión.	<p>9.1. Ejecución de capacitaciones con profesionales especializados en conservación de suelos dirigidas a productores del sector agropecuario.</p> <p>9.2. Implementación de técnicas y tecnologías de conservación de suelos (biorollos, geosintéticos, mallas de limo, bioingeniería, hidrosiembra).</p>	<p>9.1.1. Cantidad de capacitaciones con profesionales especializados en conservación de suelos.</p> <p>9.2.1. Cantidad de fincas con técnicas y tecnologías de conservación de suelos.</p> <p>9.2.2. Porcentaje de recuperación de pérdida de suelo luego de la implementación.</p>	2022 al 2026	MAG Universidades públicas
10. Generar procesos para el aumento de la cobertura boscosa	10.1. Implementación del programa de pagos por servicios ambientales (PSA)	10.1.1. Cantidad de	2022 al 2026	MINAE FONAFIFO Municipalidades

dentro de la microcuenca.	dentro de la microcuenca.  10.2. Realización de actividades de reforestación tanto en la zona alta de la microcuenca como en franjas ribereñas de cuerpos de agua superficiales.	hectáreas bajo el PSA.  10.2.1. Número de actividades de reforestación al año.		
11. Verificar el cumplimiento de la zona de protección de las nacientes identificadas en la microcuenca de acuerdo con el área establecida en la Ley de Aguas.	11.1. Levantamiento de nacientes en la microcuenca.  11.2. Inspecciones de fiscalización del área de protección de las nacientes.  11.3. Actividades de reforestación de las zonas de protección de las nacientes.	11.1.1. Cantidad de nacientes identificadas en la microcuenca.  11.2.1. Porcentaje de nacientes que cumplen e incumplen con el área de la zona de protección.  11.3.1. Número de actividades de reforestación de zonas de protección de nacientes	2020 al 2022	MINAE AyA MinSa ASADAS Municipalidades



		al año.		
12. Determinar la factibilidad para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.	<p>12.1. Realización un estudio técnico para determinar la factibilidad de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>12.2. Diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.</p>	<p>12.1.1. Porcentaje de avance en del estudio técnico para la construcción de la planta de tratamiento.</p> <p>12.2.1. Porcentaje de eficiencia de la planta de tratamiento.</p> <p>12.2.2. Volumen de aguas residuales tratadas.</p>	2025 al 2030	AyA Municipalidades
13. Identificar las zonas de recarga hídrica en la microcuenca.	<p>13.1. Identificación y protección de zonas de recarga. hídrica mediante estudios hidrogeológicos.</p> <p>13.2. Identificación de actividades que se realizan aguas arriba de las nacientes.</p>	<p>13.1.1. Área de zonas de recarga con cobertura boscosa.</p> <p>13.2.1. Porcentaje de nacientes vulnerables a</p>	2021 al 2023	SENARA MINAE Municipalidades Universidades públicas

		contaminación por actividades aguas arriba.		
14. Incentivar a las empresas privadas presentes en la microcuenca a apoyar actividades relacionadas con la GIRH.	14.1. Involucrar a las empresas privadas, mediante reuniones con los actores sociales en actividades participativas relacionadas con la GIRH.  14.2. Fomentar a las empresas a trabajar bajo el principio de responsabilidad social empresarial.	14.1.1. Cantidad de representantes de empresas privadas asistiendo a actividades relacionadas con la GIRH.  14.2.1. Proyectos de responsabilidad empresarial ejecutados relacionados con la GIRH.	2020 al 2021	Municipalidades, Universidades públicas, Empresas privadas

**Cuadro 16. Acciones de adaptación del PGIRH para la Microcuenca Maravilla-Chiz**

<b>ADAPTACIÓN</b>				
<b>Objetivos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Indicadores de logro</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Responsables</b>
15. Promover el desarrollo de alternativas de tratamiento de aguas residuales.	<p>15.1. Realización de talleres y capacitaciones, tanto a la comunidad como a las instituciones, para la construcción, implementación y mantenimiento de biojardineras.</p> <p>15.2. Desarrollo de al menos una biojardinería piloto en cada sector de la microcuenca.</p>	<p>15.1.1. Cantidad de talleres y capacitaciones para la construcción, implementación y mantenimiento de biojardineras al año.</p> <p>15.2.1. Número de biojardineras implementadas en la microcuenca.</p>	2020 al 2025	AyA ASADAS Municipalidades
16. Fomentar la utilización de cosechas de agua tanto en las viviendas como a los pequeños productores agropecuarios.	16.1. Ejecución de talleres para la construcción e implementación de cosechas de agua.	<p>16.1.1. Cantidad de talleres para la construcción e implementación de cosechas de agua al año.</p> <p>16.1.2. Número de cosechas de</p>	2020 al 2025	MAG Municipalidades

		agua implementadas en la microcuenca.		
17. Incentivar a los productores agrícolas a que apliquen agricultura orgánica en sus parcelas.	17.1. Desarrollo de capacidades para la preparación de abonos y para el control de plagas y malezas a partir de métodos orgánicos.	17.1.1. Porcentaje de área dentro de la microcuenca bajo una producción orgánica.	2022 al 2027	MAG
18. Promover la implementación de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de caña de azúcar tanto al Ingenio Juan Viñas como a los pequeños y medianos productores.	18.1. Identificar las posibles mejoras a implementar en las prácticas agrícolas que se utilizan actualmente.  18.2. Realizar un plan de implantación de buenas prácticas agrícolas.	18.1.1. Cantidad de hectáreas bajo buenas prácticas agrícolas.  18.2.1. Porcentaje de incremento de producción de caña de azúcar bajo buenas prácticas agrícolas.  .	2021 al 2026	MAG MinSa LAICA
19. Desarrollar estrategias para el fomento del uso racional	19.1. Identificar las necesidades de mejora en la infraestructura de tecnologías para el ahorro de	19.1.1. Número de fugas detectadas y arregladas en el acueducto al año.	2020 al 2022	AyA MINAE Gobiernos locales

del recurso hídrico en operadores de agua para consumo humano y en las comunidades.	agua potable.  19.2. Realización de campañas educativas en escuelas y colegios para el uso racional del recurso hídrico	19.1.2. Porcentaje de viviendas con al menos una tecnología implementada para el uso racional del recurso hídrico.  19.2.1. Cantidad de estudiantes participantes en las campañas de educación para un uso racional del recurso hídrico.		ASADAS
20. Incentivar tecnologías para el uso eficiente del agua por parte del sector agropecuario.	20.1. Promoción de paquetes y sistemas tecnológicos para uso eficiente del agua en cultivos con alta demanda del recurso.	20.1.1. Cantidad de paquetes tecnológicos validados y adoptados por los sectores productivos.	2021 al 2026	MAG SENARA Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA)
21. Realizar campañas de educación ambiental formal y no formal	21.1. Coordinación con técnicos de las entidades responsables vinculadas a la gestión del agua,	21.1.1. Cantidad de técnicos de entidades vinculadas a la gestión del agua participantes	2020 al 2023	MEP MINAE AyA

<p>sobre el concepto de GIRH dirigido a la población de las comunidades de la microcuenca Maravilla-Chiz.</p>	<p>para garantizar su participación en el proceso de revisión de los programas y en las capacitaciones relacionadas a la GIRH.</p> <p>21.2. Revisión de los programas educativos a nivel de primaria y secundaria para la incorporación del concepto de GIRH y adaptación al cambio climático en dichos programas.</p> <p>21.3. Ejecución de cursos y talleres enfocados a la GIRH para cada uno de los sectores de la microcuenca.</p> <p>21.4. Realización de ferias ambientales y actividades culturales explicando la importancia de la GIRH.</p>	<p>en la revisión de programas educativos al año.</p> <p>21.2.1. Cantidad de programas educativos a nivel de primaria y secundaria revisados al año para la incorporación del concepto de GIRH</p> <p>21.3.1. Número de capacitaciones brindadas por técnicos de entidades vinculadas a la gestión del agua al año.</p> <p>21.4.1. Cantidad de talleres, ferias ambientales y actividades culturales relacionadas a la GIRH al año.</p>		<p>SENARA</p>
---	---	---	--	---------------

22. Fortalecimiento y delimitación de deberes y responsabilidades de los organismos operadores de agua potable y saneamiento a nivel comunal.	<p>22.1. Identificar las necesidades de ampliación y mejoras de infraestructura mediante Planes de Seguridad del Agua.</p> <p>22.2. Creación de capacidades en las ASADAS para la gestión en los acueductos.</p>	<p>22.1.1. Porcentaje de ASADAS que cuentan con Plan de Seguridad del Agua.</p> <p>Cantidad de talleres de fortalecimiento de gestión de los acueductos en ASADAS.</p>	2020 al 2025	<p>AyA</p> <p>ASADAS</p> <p>MINAE</p>

La entrega de los resultados y del plan de GIRH se realizó ante el personal del Laboratorio de Hidrología Ambiental, con el fin de que los insumos generados sean utilizados para la ejecución de actividades dentro del marco del proyecto “Procesos de Gestión Integrada del Recurso Hídrico en las subcuencas Chiz-Maravilla y Quebrada Honda, Cartago, Costa Rica”. Es importante mencionar que al momento en que el plan se vaya a aplicar en la microcuenca es necesario un mayor involucramiento de las comunidades y de las instituciones para que exista una verdadera gestión integral del recurso hídrico



## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Actualmente el Laboratorio de Hidrología de la Universidad Nacional continúa desarrollando proyecto de extensión en la microcuenca, gracias a este trabajo se formó un grupo que coordinará las acciones para la gestión integral del recurso hídrico, para que las propuestas generadas en este proyecto cumplan con los principios de la GIRH y tomando en cuenta que existe un proceso de articulación, es necesario fomentar la participación de los actores sociales presentes en las comunidades de la microcuenca
- El compromiso de trabajo de las instituciones gestoras del recurso hídrico tales como Dirección de Agua del MINAE, AyA y SENARA ha venido en aumento desde que el grupo gestor de la microcuenca se articuló, es de suma importancia que se asuman sus funciones respectivas en el ámbito correspondiente para que se facilite y promueva el proceso GIRH.
- Es necesario buscar en la zona de estudio alternativas para fortalecer y ampliar el programa de residuos sólidos, pues es una de las ventajas más importantes que presenta la microcuenca en la búsqueda de la GIRH.
- Se debe intensificar el control de parte de las entidades públicas sobre los aprovechamientos de agua superficial y subterránea.
- Promover que se realicen controles estatales por parte de Dirección de Agua y de Ministerio de Salud a los entes generadores de aguas residuales presentes en la microcuenca para asegurar el cumplimiento del Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales.
- Se deben implementar acciones que conlleven a un uso eficiente y racional del agua como herramienta para optimizar la sostenibilidad del recurso hídrico.
- Buscar asociaciones con empresas privadas para la reforestación de la ribera de la microcuenca Maravilla-Chiz, en conjunto con las comunidades, ASADAS y grupos de asociación comunal.
- Es necesario realizar acciones coordinadas que permitan establecer procedimiento de detección de las zonas que presenten erosión de suelos, implementar técnicas y tecnologías para la conservación de suelos y prevención de la erosión.

- Es necesario implementar un programa de reforestación en la microcuenca para lograr recuperar las zonas de protección que han sido violentadas
- Incentivar a las municipalidades a generar programas de educación ambiental sobre la GIRH a las comunidades aledañas a la microcuenca.
- Es importante realizar estudios hidrogeológicos en la microcuenca para determinar las áreas de recarga del acuífero y tomar las medidas necesarias para asegurar su protección.
- Se debe priorizar la implementación de medidas que conlleven a aumentar el porcentaje aguas residuales tratadas en la microcuenca.
- Para el Río Chiz tanto la parte alta como medio presentó aguas con contaminación incipiente durante todo el año de muestreo. No obstante, en parte baja durante la estación lluviosa y la estación de transición lluviosa-seca se generó la mayor degradación de este cuerpo de agua, pues se obtuvo una contaminación moderada.
- Al contrario que la calidad físico-química, la mayor degradación biológica en el Río Chiz se obtuvo en la parte alta y medio de la microcuenca existiendo “aguas de calidad mala, muy contaminadas” y “aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas”.
- Con respecto al Índice Holandés, el Río Maravilla obtuvo una contaminación incipiente en la parte alta y media alta. Sin embargo, para la parte media-baja y baja se determinó que existía una contaminación moderada y severa en la estación seca y en la estación de transición seca-lluviosa.
- En general la calidad biológica del Río Maravilla se encuentra muy degradada; prácticamente en todos los sitios de muestreo y durante todo el año se encontraron “aguas de calidad mala, muy contaminadas” e inclusive en la parte media-baja se detectaron “aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas” en dos estaciones.
- En la Quebrada Honda fue el único sitio donde se detectaron plaguicidas (clorpirifós, tebuconazol y clorotalonil), específicamente en su parte alta. Esto generó que para el BMWP-CR en la parte alta durante todo el año se encontraran “aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas”.

- En la microcuenca no se cuenta con una adecuada planificación en el uso de suelo y se tienen grandes extensiones en uso para monocultivos, lo cual genera impactos negativos en el recurso hídrico y una elevada erosión de suelos.
- Se comprobó que las zonas de protección de las riveras de los ríos no se respetan según lo establecido en el artículo 33 de la Ley Forestal, lo cual es una situación que altera de forma negativa el estado de los cuerpos de agua.
- Según las encuestas realizadas, el abastecimiento de agua potable en los sectores de Juan Viñas y Capellades se brinda de manera adecuada de parte de los entes prestatarios.
- Si incorporaron indicadores PER (presión, estado y respuesta) al Plan de Gestión Integral del Recurso Hídrico. Además de acciones de mitigación, adaptación y recuperación de la microcuenca.
- En total, se seleccionaron 17 indicadores de estado, 7 de presión y 18 de respuesta.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Ángulo, F. 2015. Vigésimoprimer informe estado de la nación en desarrollo humano sostenible. Gestión del recurso hídrico y saneamiento en Costa Rica (en línea) San José, CR. Consultado el 17 may. 2015. Disponible en: [https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca\\_virtual/021/ambiente/Angulo\\_RH\\_y\\_saneamiento.pdf](https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/021/ambiente/Angulo_RH_y_saneamiento.pdf)

Alfaro, J. 2019. Caracterización de la calidad del agua superficial en las subcuencas Quebrada Honda y Chiz-Maravilla, Cartago Costa Rica. Tesis Licenciatura Académica en Biología con Énfasis en Manejo de Recursos Naturales. Heredia, CR

Ariza, C. 2016. Determinación de la calidad del agua a través de la identificación de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca La Quebrada, Departamento de la Guajira, Colombia. Scientific International Journal. Vol 13 (2). <http://www.nperci.org/C.%20Ariza-Calidad%20del%20agua-V13N2.pdf>

Arrubla, J.; Beltrán, I; Londoño, O; Torres, M., Toro, J.; Zárate, M. 2003. Determinación de la calidad ambiental del río Santo Domingo, municipio de Calarcá. Rev. Col. Investigaciones Universidad del Quindío No. (14): 39-48.

Astudillo-Aldana, M; Gómez-Anaya, J; Novelo-Gutiérrez, R. 2017. Efecto de las descargas domésticas y de beneficio de café sobre la calidad del agua y la diversidad de larvas

de Odonata (Insecta) en un arroyo de bosque mesófilo de montaña en Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88 (2017). 372–380.

Autoridad Nacional del Agua (ANA); Gobierno Regional de Piura. 2009. Conceptos e instrumentos para la gestión integrada de cuencas hidrográficas: La experiencia de la Autoridad Autónoma de Cuenca Hidrográfica Chira-Piura (en línea). Lima, PE. Consultado el 3 abr. 2015. Disponible en: [http://www.pdrs.org.pe/img\\_upload\\_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/Sistemizaci\\_n\\_cuenca\\_r\\_o\\_Piura\\_\\_\\_folleto\\_1.pdf](http://www.pdrs.org.pe/img_upload_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/Sistemizaci_n_cuenca_r_o_Piura___folleto_1.pdf)

Bach, O. 2013. Decimonoveno informe estado de la nación en desarrollo humano sostenible. Agricultura – rumbo hacia la sostenibilidad. Informe final. San José, CR. Consultado el: 04 jun. 2018. Disponible en: [https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca\\_virtual/019/bach\\_2013.pdf](https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/019/bach_2013.pdf)

Benavides, A.; Pereira, R.; Salgado, V. 2007. Indicadores como insumo para la gestión integral del recurso hídrico en la subcuenca del río Uruca, cuenca del río Grande de Tárcoles. Tesis Maestría Académica en Gestión y Estudios Ambientales. Heredia, CR.

Benegas, L.; Cervantes, R.; Faustino, J.; Jiménez, F. 2009. Principios y criterios para la cogestión de cuencas hidrográficas en América Tropical (en línea). Recursos

Naturales y Ambiente. 56-57: 59-65. Consultado el 3 abr. 2015. Disponible en:  
<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A4801E/A4801E.PDF>

Capacity Development in Sustainable Water Manegement (Cap-Net). 2008. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos para Organizaciones de Cuencas Fluviales: Manual de capacitación (en línea). Consultado el 3 abr. 2015. Disponible en:  
[http://www.cap-net-esp.org/document/document/262/RBO\\_Manual\\_sp.pdf](http://www.cap-net-esp.org/document/document/262/RBO_Manual_sp.pdf)

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). 2003. Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa (en línea). Lima, PR. Consultado el 26 may. 2016. Disponible en:  
[http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnologia/documentos/sanea/etTrampa\\_grasa.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnologia/documentos/sanea/etTrampa_grasa.pdf)

Chará, J; Chará-Serna, M; Giraldo, L; Pedraza, G; Zúñiga, M. 2014. Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia). Rev. Biología Tropical. Vol. 62 (2). 203-219.

Chevalier, J. 2004. El Sistema de Análisis Social: Metodología CLIP (Colaboración/Conflicto, Legitimidad, Intereses, Poder). Carleton University. Ottawa, CA. 121 p.

Chirino, E; Abad, J; Bellot, J. 2008. Uso de indicadores de Presión-EstadoRespuesta en el diagnóstico de la comarca de la Marina Baixa, SE, España

Comisión para el Ordenamiento y Manejo de Cuenca del Río Reventazón. 2015. Programas de COMCURE. Consultado el 12 de marzo del 2015. Disponible en: <http://comcure.go.cr/programas>.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2007. Planeación Hidráulica en México: Guía de Identificación de Actores (en línea). México D.F., MX. Consultado el 19 may. 2015. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/IAC.pdf>

Cotler, H. 2004. El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. (en línea) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Mexico D.F, MX. Consultado el 28 abr 2015. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/452.pdf>

Cuello, C. 2011. Desarrollo sostenible y experiencias costarricenses: La necesidad de indicadores de sostenibilidad. 1 ed. Heredia, CR. EUNA. p. 67-77.

Duque-Quintero, G; Hahn-vonHessberg, C; Grajales-Quintero, A; Serna-Uribe, L; Toro, D. 2010. Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. Boletín científico del Museo de Historia Natural. Vol. 13 (2). 89-105.

Estado de la Nación. 2015. Vigésimoprimer Informe Estado de la Nación. 2014. (en línea).

San José, Costa Rica. Consultado el 14 de noviembre del 2015. Disponible en:  
[www.estadonacion.or.cr/21/#capitulo especial](http://www.estadonacion.or.cr/21/#capitulo especial)

Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M. y Paris, M. (2002). Protección de la calidad del agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Banco Mundial. Ginebra, Suiza. 115 pp.

Gil, A. 2014. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. Tesis Mag. Sc. Universidad de Manizales. Bogotá, COL. 84 p.

Global Water Partner ship (GWP). 2013. Guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) a nivel municipal. Tegucigalpa, HN.

Herrera G 2011. Propuestas para el uso eficiente de agua potable (en línea). Tecnológico de Costa Rica. Cartago. CR. Consultado el 10 de jun. 2016. Disponible en:  
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5673/propuesta-uso-eficiente-agua-potable.pdf?sequence=1>

Instituto de Desarrollo Rural (INDER). 2015. Plan de desarrollo rural del territorio Turrialba-Jiménez 2015-2020 (en línea). Cartago. CR. Consultado el 15 de may. 2018.  
Disponible en:



[https://www.inder.go.cr/territorios\\_inder/region\\_central/planes\\_desarollo/PDRT-Turrialba-Jimenez.pdf](https://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_central/planes_desarollo/PDRT-Turrialba-Jimenez.pdf)

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). 2016. Estadísticas Vitales 2016: Población, Nacimientos, Defunciones y Matrimonios (en línea). San José, CR. Consultado el 15 may. 2018. Disponible en: <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/replancestadvital2016-1.pdf>

Instituto Politécnico Nacional (IPN). 2002. Metodologías para el análisis FODA (en línea). Distrito Federal, MX. Consultado el 12 may. 2015. Disponible en: [http://www.uventas.com/ebooks/Analisis\\_Foda.pdf](http://www.uventas.com/ebooks/Analisis_Foda.pdf)

Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET). 2014. Herramientas para la protección del agua subterránea en la subcuenca Quebrada Honda y Chiz-Maravilla, Cartago, Costa Rica.

Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET). 2015. Muestreo de agua superficial y sedimentos mediante toma directa. Heredia, CR.

Jaramillo, M. 2010. Potencial de reusó de agua residual doméstica como estrategia para el control de la contaminación por agua residual en el valle geográfico del Río Cauca (en línea). Cali, CO. Consultado el 22 mar. 2016. Disponible en: [http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/W53\\_GEN\\_PHD\\_D5.3.12\\_MSc\\_Jaramillo\\_Reuse\\_of\\_domestic\\_wastewater.pdf](http://www.switchurbanwater.eu/outputs/pdfs/W53_GEN_PHD_D5.3.12_MSc_Jaramillo_Reuse_of_domestic_wastewater.pdf)

Ledezma, K. 2017. Evaluación de la calidad del agua del acuífero presente en la Microcuenca Maravilla-Chiz de Costa Rica. Tesis Licenciatura Académica en Química Industrial. Heredia, CR.

Martínez, R. 2007. Manuales de Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. (en línea). Santiago, CH. Consultado el 29 Abr. 2015. Disponible en: [www.cepal.org/deype/publicaciones/xml/4/34394/lcl2771e.pdf](http://www.cepal.org/deype/publicaciones/xml/4/34394/lcl2771e.pdf)

Martínez, D. 2009. Guía Técnica para la Elaboración de un Plan de Manejo Ambiental (en línea). Bogotá, CO. Consultado el 10 mar. 2015. Disponible en: [http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/1380/GUIA%20TECNICA%20PARA%20LA%20ELABORACION%20DE%20PMA%20\(1\)%20\(1\).pdf](http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/1380/GUIA%20TECNICA%20PARA%20LA%20ELABORACION%20DE%20PMA%20(1)%20(1).pdf)

MINAE. 2018. Registro Nacional de Concesiones de Aprovechamiento de Agua y Obras en Cauce. Dirección de Agua. San José, CR. Consultado el 07 de Jun. 2018. Disponible en: [http://www.da.go.cr/rp/reportDetail.action?NOMBRE\\_FUENTE=maravilla&ESTADO=&submitType=Ok&reportId=24713&step=0](http://www.da.go.cr/rp/reportDetail.action?NOMBRE_FUENTE=maravilla&ESTADO=&submitType=Ok&reportId=24713&step=0)

Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2002. Sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas de Sullana, Perú (en línea). Consultado el 10 Jun.

2016. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/proyecto/generales/casoref.pdf>

Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2015. Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización (en línea). Consultado el 2 de Mar. 2017. Disponible en:

[http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053\\_Dise%C3%B1o\\_tanques\\_s%C3%A9pticos\\_Imhoff\\_lag/Dise%C3%B1o\\_tanques\\_s%C3%A9pticos\\_Imhoff\\_lagunas\\_estabilizaci%C3%B3n.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/053_Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lag/Dise%C3%B1o_tanques_s%C3%A9pticos_Imhoff_lagunas_estabilizaci%C3%B3n.pdf)

Pandia, E. 2016. Modelo presión, estado, respuesta (p-e-r), para la clasificación de indicadores ambientales y gestión de la calidad del agua caso: cuenca del río Puyango Tumbes. Consultado el 02 feb. 2018. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/12953-45123-1-PB.pdf>.

Powel, J. 2012. Conditions for effective use of community sustainability indicators and adaptive learning. University of Alaska Fairbanks, US.

Prat, N; Real, M. 1992. Factors influencing the distribution of chironomids and oligochates in profundal areas of spanish reservoirs. Netherlands Journal of Aquatic Ecology. 26(2):405-410.

Programa de Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental (PREVDA). 2008. Plan de cuencas del Río Reventazón-Parismina. CR. Consultado el 12 mar. 2015.

Disponible en: <http://www.pvolcan2.odd.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2011/07/PLAN-DE-CUENCA-REVENTAZON-PARISMINA-VERSION-2-6-081.pdf>.

Reglamento para la Clasificación y Evaluación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. Decreto Ejecutivo NO 33903-MINAE-S; La Gaceta No. 178. Consultado el 12 may. 2015. Disponible en: [http://www.cimar.ucr.ac.cr/PDFS/Reglamento\\_Evaluacion\\_y\\_Clasificacion\\_Calidad\\_Agua\\_Superficial.pdf](http://www.cimar.ucr.ac.cr/PDFS/Reglamento_Evaluacion_y_Clasificacion_Calidad_Agua_Superficial.pdf).

Rodríguez, C. 2002. Diseño de indicadores de sustentabilidad por cuencas hidrográficas. Instituto Nacional de Ecología. México D.F., MX.

Roldán-Pérez, G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Rev. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. 40 (155). 254-274.

Rosales, E. 2002. Tecnologías alternativas para agua y saneamiento. Tecnológico de Costa Rica (TEC). Consultado el 28 may. 2015. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/redica/elias.pdf>

Rosales, E. 2012. Tanques sépticos. Conceptos teóricos básicos y aplicaciones. Tecnológico de Costa Rica (TEC). Cartago. CR. Consultado el 14 may. 2016. Disponible en: [http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/205](http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/205)

Ruepert, C. 2011. Decimoséptimo Informa Estado de la Nación. 2010. Plaguicidas y otros Contaminantes. Informe Final. San José, CR. Consultado el: 04 jun 2018. Disponible en: [https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca\\_virtual/017/Ponencia-Clemens-Plaguicidas-y-otros-contaminantes.pdf](https://estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/017/Ponencia-Clemens-Plaguicidas-y-otros-contaminantes.pdf)

Sagot, A. 2004. Jurisprudencia del recurso hídrico y forestal. Editorial Investigaciones Jurídicas S.A. 1 ed. San José, CR. p 28.

Sánchez, V. 2003. Gestión Ambiental Participativa de Microcuencas: Fundamentos y aplicación. 1 ed. Heredia, CR. EUNA.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Cuencas hidrográficas: Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión (en línea). México D.F., MX. Consultado el 3 abr. 2015. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>

Springer, M. 2010. Capítulo 7: Trichoptera. Revista de Biología Tropical, 58 (4), 151-198. Consultado el 30 dic. 2017. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S003477442010000800007&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003477442010000800007&lng=en&tlng=es).

Suárez, 2008. Modelos de Calidad de Aguas: Calidad de aguas en ríos y autodepuración. Universidad de Coruña, ESP. Consultado el 30 dic. 2017. Disponible en: [ftp://ceres.udc.es/Master\\_en\\_Ingenieria\\_del\\_Agua/master%20antiguo\\_antes%20del%](ftp://ceres.udc.es/Master_en_Ingenieria_del_Agua/master%20antiguo_antes%20del%20)

202012/Segundo\_Curso/Modelos\_de\_Calidad\_de\_Aguas/material%2020102011/MC  
A\_Tema\_5\_\_MODELOS\_DE\_CALIDAD\_DE\_AGUAS\_EN\_RIOS.pdf

UNESCO, 2012. Derecho humano al agua y saneamiento. (en línea). Francia Paris, FR.  
Consultado el 28 abr. 2015. Disponible en:  
[http://www.unesco.org.uy/phi/fileadmin/phi/infocus/Foro\\_Mundial\\_del\\_Agua\\_2012/  
12\\_DERECHO\\_HUMANO\\_AL\\_AGUA\\_Y\\_AL\\_SANEAMIENTO.pdf](http://www.unesco.org.uy/phi/fileadmin/phi/infocus/Foro_Mundial_del_Agua_2012/12_DERECHO_HUMANO_AL_AGUA_Y_AL_SANEAMIENTO.pdf),

Varela, et al 2016. Plan de Gobierno Municipalidad de Alvarado 2016-2020. (En línea).  
Cartago, CR. Consultado el 15 de may. 2018. Disponible en:  
<https://www.nacion.com/gnfactory/investigacion/2016/eleccionesmunicipales/candidatos/301991058/plan.pdf>

Wu, BC. 2009. Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua para consumo humano de la  
microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año  
hidrológico 2007-2008. Tesis Mag. Sc. San José, CR. UNED. 21p

Zury, W. 2011. Manual de Planificación y Gestión Participativa de Cuencas y  
Microcuencas (en línea). Consultado el 3 abr. 2015. Disponible en:  
[http://biblioteca.catie.ac.cr/cursocuencas/documentos/Documentos\\_complementarios  
\\_2011/ManualPlanificacion\\_y\\_Gestion\\_Participativa\\_de\\_cuencas\\_W\\_%20Zury\\_200  
9/Cap\\_1\\_2\\_3.pdf](http://biblioteca.catie.ac.cr/cursocuencas/documentos/Documentos_complementarios_2011/ManualPlanificacion_y_Gestion_Participativa_de_cuencas_W_%20Zury_2009/Cap_1_2_3.pdf)

## 10. ANEXOS

### Anexo 1. Instrumento de aplicación de encuestas sobre la Gestión Integral de Recurso Hídrico (GIRH) en la microcuenca Maravilla-Chíz, Cartago Costa Rica



Universidad Nacional de Costa Rica  
Laboratorio de Hidrología Ambiental



#### Instrumento de encuesta sobre la Gestión Integral de Recurso Hídrico (GIRH) en la microcuenca Maravilla-Chíz, Cartago Costa Rica. 2015.

Este instrumento tiene como objetivo valorar e identificar las principales fuentes de amenazas hacia el recurso hídrico de la microcuenca Maravilla-Chíz, así como realizar una caracterización socioeconómica de poblados cercanos para la generación de un Plan de GIRH en la zona en conjunto con las comunidades y las instituciones públicas pertinentes.

#### I. Percepción por parte de la comunidad de la presencia institucional en la zona.

1. De las siguientes instituciones, indique aquellas con presencia y participación en la comunidad.

Institución	Presencia en la comunidad		Tipo de actividades que ha desarrollado la institución en la comunidad
	Sí	No	
1. Municipalidad			
2. Acueductos y Alcantarillados (AyA)			
3. Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)			
4. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)			
5. Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL)			
6. Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)			

7. Comisión Nacional de Emergencias (CNE)		
8. Ministerio de Salud (MinSa)		
9. Ministerio de Educación Pública (MEP)		
10. Asociación de desarrollo		
11. Acueducto rural (ASADA)		
12. Comisión para el Manejo de la Cuenca del Río Reventazón (COMCURE)		
13. Universidades públicas (UNA,UCR,UNED, TEC, UTN)		
14. Instituciones privadas		
15. Otros grupos organizados		

**II. Información sobre servicios e infraestructura comunitaria:**

**2. Nombre de la comunidad:.....**

Pregunta	Respuesta	Observación
16. Hidrantes	( ) Sí: ..... ( ) No: ..... ( ) NS/NR: .....	
17. Alcantarillado pluvial	( ) Sí: ..... ( ) No: ..... ( ) NS/NR: .....	
18. Alcantarillado sanitario	( ) Sí: ..... ( ) No: ..... ( ) NS/NR: .....	
19. Alcantarillado mixto	( ) Sí: ..... ( ) No: ..... ( ) NS/NR: .....	



## II. Información sobre acceso y uso del agua potable:

Pregunta	Respuesta	Observación
20. ¿Tiene acceso a agua potable?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> NS/NR	
21. ¿De dónde proviene el agua que consume?	<input type="checkbox"/> Acueducto Municipal <input type="checkbox"/> ASADA <input type="checkbox"/> Pozo propio <input type="checkbox"/> Otro: ..... <input type="checkbox"/> N/S	
22. ¿Tiene medidor?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
23. ¿El servicio de agua se brinda de manera continua?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> NS/NR	Frecuencia de interrupciones: <input type="checkbox"/> Menos de un día/mes <input type="checkbox"/> 1 día/mes <input type="checkbox"/> 8 días/mes <input type="checkbox"/> Más de 8 días al mes
24. En ocasiones, el agua tuvo alguna de las siguientes características:	<input type="checkbox"/> Olor <input type="checkbox"/> Sabor <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/> Tierrosa <input type="checkbox"/> Produce manchas <input type="checkbox"/> No	Si marca alguna, explique las características.
25. ¿Qué hace cuando no hay servicio de agua potable?	<input type="checkbox"/> Almacena <input type="checkbox"/> Espera a que regrese <input type="checkbox"/> Compra <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/> NS/NR	
26. ¿Utiliza tela o plástico a la salida de algún tubo?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> NS/NR <input type="checkbox"/> N.A.	
27. ¿En cuál tubo?	<input type="checkbox"/> Cocina <input type="checkbox"/> Pila <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> NS/NR	

	( ) N.A.	
28. ¿Practica alguna acción para ahorrar Agua potable?	( ) Si (especifique) ( ) No ( ) NS/NR	
29. ¿Existen fugas de agua en la vivienda?	( ) Si ( ) No ( ) NS/NR	

#### IV. Información sobre el manejo de las Aguas Residual Gris (ARG)

Pregunta	Respuesta	Observación
30. ¿Separan restos de comida de las ARG?	( ) Si ( ) No ( ) NS/NR	
31. ¿Tienen trampa de grasas en la cocina?	( ) Si ( ) No ( ) NS/NR	(en caso de que la respuesta sea SI conteste la pregunta siguiente)
32. ¿Cómo disponen las grasas?	Camión recolector_____ Quema_____ Otro_____ NS/NR_____	(especifique si la respuesta fue otro)
33. ¿Presenta problemas de malos olores en su vivienda?	( ) Si_____ ( ) No_____ ( ) NS/NR_____	

#### V. Información sobre el manejo de las Agua Residual Negras (ARN)

34. ¿Con qué sistema se tratan las ARN (excretas, orines y heces)?	( ) Tanque Séptico_____ ( ) Letrina_____ ( ) Alcantarillado_____ ( ) Otro_____ ( ) Letrina_____ ( ) NS/NR_____	
35. ¿Cuándo fue construida su unidad para el tratamiento de las ARI?	( ) Más de 20 años ( ) Entre 10 y 20 años ( ) Entre 5 y 10 años ( ) Entre 1 y 5 años	

36. ¿Ha detectado fallas en el sistema?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> NS/NR	
37. ¿En qué época del año se presentan las fallas o son más frecuentes?	<input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/> Verano <input type="checkbox"/> Invierno <input type="checkbox"/> NS/NR	
38. ¿Cómo detecta las fallas en el sistema?	<input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/> Malos olores <input type="checkbox"/> Afloramiento de agua <input type="checkbox"/> Quejas de los vecinos <input type="checkbox"/> Durante el mantenimiento	
39. ¿Dónde depositan los papeles del servicio sanitario?	<input type="checkbox"/> En un basurero <input type="checkbox"/> En el inodoro <input type="checkbox"/> En la letrina <input type="checkbox"/> Otro	(Especifique si la respuesta fue otro)

#### VI. Información sobre el tanque séptico

40. ¿El tanque séptico posee ventilación?	<input type="checkbox"/> A la entrada del tanque <input type="checkbox"/> A la salida del tanque <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/> NS/NR	
41. ¿Con que frecuencia se limpia el tanque séptico?	<input type="checkbox"/> Nunca lo ha limpiado <input type="checkbox"/> Cada 5 años <input type="checkbox"/> Cada 3 años <input type="checkbox"/> Todos los años <input type="checkbox"/> N.A. <input type="checkbox"/> NS/NR	
42. ¿Cómo se limpia?	<input type="checkbox"/> Con tubería y bomba <input type="checkbox"/> Con pala <input type="checkbox"/> Por servicio contratado <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> N.A.	(Especifique si la respuesta fue otro)
43. ¿Dónde se dispone lo que se saca de la limpieza?	<input type="checkbox"/> La empresa se hace cargo <input type="checkbox"/> La municipalidad se hace cargo	(Especifique si la respuesta fue otro)

	<input type="checkbox"/> Se tira al río <input type="checkbox"/> Se entierra <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> N.A.	
44. ¿Dónde se ubica el tanque séptico?	<input type="checkbox"/> Patio trasero <input type="checkbox"/> Patio delantero <input type="checkbox"/> Debajo de una construcción <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> NS/NR	(Especifique si la respuesta fue otro)

### VII. Información sobre el manejo de los Residuos Sólidos (RS)

45. ¿Separa sus RS?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> NS/NR	(si la respuesta es SI responda las preguntas 46 y 47)
46. Marque con una X los materiales que separa de los RS	<input type="checkbox"/> Plástico____ <input type="checkbox"/> Aluminio____ <input type="checkbox"/> Vidrio____ <input type="checkbox"/> Cartón____ <input type="checkbox"/> Orgánico____ <input type="checkbox"/> Otros____	(especifique si la respuesta fue otro)
47. ¿Dónde los dispone?	<input type="checkbox"/> Centro de acopio <input type="checkbox"/> Fuera de la comunidad <input type="checkbox"/> Camión recolector de basura	Especifique el lugar
48. ¿El servicio de recolección de basura es constante?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No hay servicio <input type="checkbox"/> NS/NR	
49. ¿Cómo calificaría el servicio de recolección?	<input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> NS/NR	
50. ¿Cómo dispone sus RS cuando no pasa el camión?	<input type="checkbox"/> Entierra <input type="checkbox"/> Quema <input type="checkbox"/> Guarda la basura hasta que pasa el camión <input type="checkbox"/> Tira al río <input type="checkbox"/> Tira a lotes o parques <input type="checkbox"/> Otro	(Especifique si la respuesta fue otro)

	( ) N.A.	
51. ¿Practica alguna acción para disminuir la cantidad de RS que desecha?	<input type="checkbox"/> Evitar comprar <input type="checkbox"/> Recicla <input type="checkbox"/> Reutiliza <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> NS/NR	(especifique si la respuesta fue otro)
52. ¿Hay algún botadero en la comunidad? (lotes, parques, otros)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> NS/NR	(explique qué tan cerca de su hogar)

## **Anexo 2. Metodología CLIP**

1. Identificar a todos los actores.
2. Identificar el nivel de poder o recursos que cada actor puede utilizar, pudiendo ser alto, medio o bajo. El poder estará definido por tres factores: a) riqueza económica, b) autoridad política y c) el acceso a la información.
3. Identificar los intereses netos de cada actor, estos se reconocerán mediante las ganancias o pérdidas netas que afectan el grado al que un actor controla la riqueza económica, la autoridad política, el uso de la fuerza, el acceso a la información, los medios para comunicarse, la legitimidad y las relaciones sociales.
4. Identificar cada uno de los niveles de legitimidad de los actores. Anotar y describir brevemente el nivel de legitimidad en las tarjetas de los actores utilizando uno de estos tres valores: alto, medio o bajo.
5. Se establecerán las categorías de actores de acuerdo con el Anexo 2.
6. Colocar cada actor en el perfil que corresponda.
7. Identifique los nexos de colaboración o conflicto (incluyendo las membresías de los grupos) que cada actor tiene con otro. Discutir los resultados del análisis.
8. Discutir las acciones y los primeros pasos que se pueden tomar para lograr el objetivo del análisis y, al mismo tiempo, tratar con los intereses opuestos encontrados.
9. Evaluar cómo los nexos actuales de colaboración o conflicto permiten que la situación sea más fácil o más difícil de manejar y qué pasos inmediatos puede tomar para mejorar estos nexos.

10. Discutir lo que puede hacerse para facultar con poder de decisión a los grupos marginados y vulnerables que tienen peticiones legítimas y necesidades o intereses apremiantes.

### Anexo 3. Categorización de los actores sociales según la metodología CLIP

Categoría	Siglas	Aspectos
<b>I</b>		
Dominante	PIL	Poder alto, ganancia o pérdida neta alta, legitimidad alta
Fuerte	PI	Poder y ganancia o pérdida neta altos (legitimidad baja o ninguna)
<b>II</b>		
Influyente	PL	Poder y legitimidad altos (ganancia o pérdida neta baja o ninguna)
Inactivo	P	Poder alto (legitimidad y ganancia o pérdida neta bajas o ningunas)
Interesado	L	Legitimidad alta (poder y ganancia o pérdida neta altos o ninguno)
<b>III</b>		
Vulnerable	IL	Legitimidad y ganancia o pérdida neta altas (poder bajo o ninguno)
Marginado	I	Ganancia o pérdida neta altas (poder y legitimidad bajos o ninguno)

Fuente: Chevalier 2004

**Anexo 4. Asignación de puntajes según el Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físicoquímico del Agua para cuerpos receptores**

Puntos	PSO (%)	DBO (mg/L)	NH <sub>4</sub> +0N(mg/L) *
1	91-100	≤3	< 0,50
2	71 – 90; 111- 120	3,1 – 6,0	0,50 – 1,0
3	51 – 70; 121-130	6,1 – 9,0	1,1 – 2,0
4	31- 50	9,1 – 15	2,1 – 5,0
5	≤30 y >130	> 15	> 5,0

\* Nitrógeno amoniacal

Fuente: Wu BC (2009).

**Anexo 5. Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de codificación por colores, basado en valores de PSO, DBO y nitrógeno amoniacal**

Clase	Promedio de Puntos	Interpretación de la calidad	Código de color
1	3	Sin contaminación	Azul
2	4-6	Contaminación incipiente	verde
3	7-9	Contaminación moderada	amarillo
4	10-12	Contaminación severa	Anaranjado
5	13-15	Contaminación muy severa	Rojo

Fuente: Wu BC (2009).

**Anexo 6. Puntaje para las familias identificadas en Costa Rica**



9	O Polythoridae D Blephariceridae; Athericidae E Heptageniidae P Perlidae T Lepidostomatidae; Odontoceridae; Hydrobiosidae; Ecnomidae
8	E Leptophlebiidae O Cordulegastridae; Corduliidae; Aeshnidae; Perilestidae T Limnephilidae; Calamoceratidae; Leptoceridae; Glossosomatidae B Blaberidae
7	C Ptilodactylidae; Psephenidae; Lutrochidae O Gomphidae; Lestidae; Megapodagrionidae; Protoneuridae; Platystictidae T Philopotamidae Cr Talitridae; Gammaridae
6	O Libellulidae M Corydalidae T Hydroptilidae; Polycentropodidae; Xiphocentronidae E Euthyplociidae; Isonychidae
5	L Pyralidae T Hydropsychidae; Helicopsychidae C Dryopidae; Hydraenidae; Elmidae; Limnichidae E Leptohiphidae; Oligoneuriidae; Polymitarciidae; Baetidae Cr Crustacea Tr Turbellaria
4	C Chrysomelidae; Curculionidae; Haliplidae; Lampyridae; Staphylinidae; Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; Noteridae D Dixidae; Simuliidae; Tipulidae; Dolichopodidae; Empididae; Muscidae; Sciomyzidae; Ceratopogonidae; Stratiomyidae; Tabanidae H Belostomatidae; Corixidae; Naucoridae; Pleidae; Nepidae; Notonectidae O Calopterygidae; Coenagrionidae E Caenidae Hi Hidracarina
3	C Hydrophilidae D Psychodidae Mo Valvatidae; Hydrobiidae; Lymnaeidae; Physidae; Planorbidae; Bithyniidae; Bythinellidae; Sphaeridae A Hirudinea: Glossiphonidae; Hirudidae; Erpobdellidae Cr Asellidae
2	D Chironomidae; Culicidae; Ephydriidae
1	D Syrphidae A Oligochatea (todas las clases)

**Fuente:** La Gaceta N 178. 2007

**Nota:** D: Diptera; E: Ephemeroptera; P: Plecoptera; T: Trichoptera; O: Odonata; C: Coleoptera; M: Megaloptera; H: Hemiptera; L: Lepidoptera; B: Blattodea; Tr: Tricladida; Cr: Crustacea; A: Annelida; Mo:

Molusco. La clasificación de las aguas según este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y un máximo indeterminado que, en la práctica no suele superar 200. En función de este puntaje se establecen 6 niveles de Calidad para el Agua (los dos primeros pertenecen al grupo de aguas no contaminadas).

### **Anexo 7. Clasificación de la Calidad del Agua en Función del Puntaje Total Obtenido**

<b>NIVEL DE CALIDAD</b>	<b>BMWP'</b>	<b>Color Representativo</b>
Aguas de calidad excelente.	>120	Azul
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible.	101-120	Azul
Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada.	61-100	Verde
Aguas de calidad mala, contaminadas.	36-60	Amarillo
Aguas de calidad mala, muy contaminadas.	16-35	Naranja
Aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas.	<15	Rojo

**Fuente:** La Gaceta N 178. 2007

### **Anexo 8. Criterios de la matriz de selección de indicadores.**

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valoración</b>
Accesibilidad de la información	Valora la facilidad de conseguir la información generada por las distintas instancias. El indicador debe proporcionar la posibilidad de que la información pueda ser obtenida por los actores sociales, pues estos serán los usuarios del sistema de indicadores.	Escala entre 1(valor mínimo) y 5 (valor máximo)
Representatividad	La información que contiene el indicador debe ser representativa en la microcuenca Maravilla-Chiz.	
Comprensible	La información generada por el indicador debe ser de fácil comprensión por la sociedad en general y en especial por quienes toman de decisión. El indicador debe ser simple y claro.	
Predictivo	Debe suministrar señales de alarma previa de futuras tendencias negativas o positivas en términos de salud, ambiente y economía.	
Sensibilidad	Tiene que indicar los cambios de tendencias en el medio ambiente o en las actividades humanas relacionadas con este, preferiblemente en el corto plazo.	
Fiabilidad	Los datos generados deben ser lo más fiables posibles, de buena calidad y repetibles en el tiempo.	
Relevancia para la GIRH	Si el indicador está relacionado con los principios fundamentales de la GIRH, se considera más importante que el que tiene poca relación.	
Comparable entre zonas representativas	El indicador debe tener la capacidad de reflejar las distintas condiciones imperantes en las diferentes zonas	

	representativas.	
Cobertura	Debe mostrar un tema de importancia a nivel local, regional o global.	
Establecimiento de metas	Tiene que permitir proponer metas que permitan la comparación entre la situación actual con una esperable a corto, mediano y largo plazo.	5 y 1, si el indicador fue propuesto o no en los procesos de consulta respectivamente.
Propuesto por la población	La participación comunitaria es un criterio relevante para tomar en cuenta, pues refleja la preocupación de la población, quien conoce las problemáticas sociales, ambientales y económicas de la microcuenca.	

Fuente: Benavides et al. (2007)

**Anexo 9. Imágenes de los Sitios de Muestreo en la Microcuenca Maravilla - Chiz.**



**Punto de Muestreo RQH – 05 del Río Quebrada honda, Parte Alta.**



**Punto de Muestreo RM – 04 del Río Maravilla Chiz, Parte Alta.**



**Punto de Muestreo RQH – 02 del Río Quebrada Honda, Parte Alta.**



**Punto de Muestreo RQH – 05 del Río Quebrada Honda, Parte Baja.**



**Punto de Muestreo RQH – 05 del Río Quebrada Honda, Parte Media.**



**Punto de Muestreo RCH – 08 del Río Chiz, Parte Media**



**Punto de Muestreo RM – 06 del Río Maravilla, Parte Media.**





**Punto de Muestreo RM – 07 del Río Maravilla, Parte Media.**



**Punto de Muestreo RCH – 09 del Río Chiz, Parte Media.**



**Punto de Muestreo RCH – 10 del Río Chiz, Parte Baja.**

**Anexo 10. Resultados del Índice Holandés del río Chiz.**

Sitio	Estación	DBO	PSO	N-NH+4	ICA-IH
<b>RCH08</b>	Transición Seca-Lluviosa	3,30	93,40	0	4
	Lluviosa	3,20	96,50	0	4
	Transición Lluviosa-Seca	5,90	82,50	0	5
	Seca	5,70	57,70	0	6
<b>RCH09</b>	Transición Seca-Lluviosa	3,30	95,50	0	4
	Lluviosa	9,20	97,60	0	6
	Transición Lluviosa-Seca	2,60	85,70	0	4
	Seca	0,65	60,40	0	5
<b>RCH10</b>	Transición Seca-Lluviosa	3,90	95,30	0	4
	Lluviosa	29,00	98,10	0	7
	Transición Lluviosa-Seca	12,40	84,60	0	7
	Seca	2,60	64,20	0	5

### Anexo 11. Resultados del Índice Holandés del Río Maravilla

Sitio	Estación	DBO	PSO	N-NH+4	ICA-IH
RM04	Transición Seca-Lluviosa	3,60	98,80	0	4
	Lluviosa	12,00	98,00	0	6
	Transición Lluviosa-Seca	6,50	85,30	0	6
	Seca	4,20	58,30	0,47	6
RM05	Transición Seca-Lluviosa	4,50	100,00	0	4
	Lluviosa	5,20	99,40	0	4
	Transición Lluviosa-Seca	9,00	80,50	0	6
	Seca	1,60	63,20	0,39	5
RM06	Transición Seca-Lluviosa	36,00	56,20	0	9
	Lluviosa	12,00	97,30	0	6
	Transición Lluviosa-Seca	5,10	61,20	0	6
	Seca	30,00	30,10	0,61	11
RM07	Transición Seca-Lluviosa	8,20	62,60	0	7
	Lluviosa	14,00	94,80	0	6
	Transición Lluviosa-Seca	5,60	68,00	0	6
	Seca	11,00	46,70	0,24	9

### Anexo 12. Resultados del Índice Holandés del río Quebrada Honda

Sitio	Estación	DBO	PSO	N-NH+4	ICA-IH
RQH01	Transición Seca-Lluviosa	16,00	50,50	0	9
	Lluviosa	26,00	58,60	0	9
	Transición Lluviosa-Seca	15,00	51,30	0	8
	Seca	20,00	45,00	0,55	11
RQH02	Transición Seca-Lluviosa	7,80	96,10	0	5
	Lluviosa	9,40	96,20	0	6
	Transición Lluviosa-Seca	2,70	82,70	0	4
	Seca	2,70	55,80	0,51	6
RQH03	Transición Seca-Lluviosa	1,60	98,40	0	3
	Lluviosa	3,80	97,70	0	4
	Transición Lluviosa-Seca	13,00	86,10	0	7
	Seca	3,10	62,40	0,67	7

## Anexo 13. Resultados de análisis de plaguicidas.



**Universidad Nacional UNASUR**  
**Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas IRET**  
 Teléfono: +506 2277-3584 Fax: +506 2277-3624  
**Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas LAREP**  
 Teléfono: 2277-3501



### Informe de análisis

#### Resultados de los análisis de plaguicidas en muestras de agua

**Nombre del servicio:** Laboratorio de Hidrología Ambiental  
**Solicitado por:** Alicia Fonseca Sanchez  
**Fecha de ingreso:** 23 noviembre 16  
**Código del servicio:** S16-26  
**Fecha del informe:** 04-03-17 Avance Cru

Nº lab.	16-551	16-552	16-553	16-554	16-555
Código	RM04	NM01	Rich 09	NM16	NM17
Descripción	Rio Maravilla 04 Cuenca Maravilla	Bajo Abarca Cuenca Maravilla	Rio Chiz 09 Cuenca Maravilla	Rosemon Cuenca Maravilla	Murcia 01
Fecha de muestreo					
	Unidades	Análisis	LC*		
<b>Organoclorados</b>					
DDD-p,p (M)	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
DDE-p,p (M)	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
endosulfan-a	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
endosulfan-b	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
<b>Organofosforados</b>					
clorpirifos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
diazinon	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
dimetoato	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
etoprofos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
fenamifos	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d
fention	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
forato	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
malation	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
paration-metil	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
terbufos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
triazofos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
<b>Piretroides</b>					
bifentrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
chlotrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
a-cipermetrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
deltametrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
permetrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
<b>Conazoles/triazoles</b>					
biteranol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d
ciproconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d
difenoconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d
epoxiconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d
fenbuconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d
miclobutanil	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d
propiconazol	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d
tebuconazol	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d
<b>Estrobulurina</b>					
azoxistroina	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d
trifloxistrobina	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d
<b>Triazinas</b>					
ametrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
terbutrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
terbutilazina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
<b>Otros</b>					
butacloro	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d
clomazona	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d
clorotalonil	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
metaxil	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d
oxifluorfen	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d
primetani	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d
pendimetalin	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d
triadimenol	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d
triadimefon	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d

LC= límite de cuantificación; n.d = no detectado

T= Presencia trazas. Entre límite de cuantificación y límite de detección

\* La recolección y transporte de la muestra no fue responsabilidad del personal del IRET

Resp: Clemens Ruepert

**Informe de análisis**

**Resultados de los análisis de plaguicidas en muestras de agua**

**Nombre del servicio:** Laboratorio de Hidrología Ambiental  
**Solicitado por:** Alicia Fonseca Sanchez  
**Fecha de ingreso:** 01 de diciembre 16  
**Código del servicio:** S16-26  
**Fecha del informe:** 04-03-17 Avance Cru

Nº lab.				16-567	16-568	16-569	16-570
Código				NM10	NM14	AF06	RM11
Descripción				Agua subterránea El Congo 01-12-16	Agua subterránea La Maravilla 01-12-16	agua superficial 01-12-16	agua superficial 01-12-16
Fecha de muestreo	Unidades	Análisis	LC*				
<b>Organoclorados</b>							
DDD-p,p (M)	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
DDE-p,p (M)	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
endosulfan-a	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
endosulfan-b	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Organofosforados</b>							
clorpirifos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
diazinón	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
dimetoato	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
etoprofos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
fenamifos	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d
fention	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
forato	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
malation	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
paration-metil	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
terbufós	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
triazofos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Piretroides</b>							
bifentrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
cihalotrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
a-cipermetrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
deltametrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
permetrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Conazoles/triazoles</b>							
bisertanol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d
ciproconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d
defenconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d
epoxiconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d
fenbuconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d
micobutanil	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d
propiconazol	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d
tebuconazol	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Estrobilurina</b>							
azoxistrobina	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d
trifloxistrobina	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Triazinas</b>							
ametrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
terbutrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
terbutilazina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Otros</b>							
butacloro	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d
clomazona	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d
clorotaloril	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
metaxil	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d
oxilfluorfen	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d
pimmetanil	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d
pendimetalin	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d
triadimenol	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d
triadimefon	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d

Otras Sustancias

LC= límite de cuantificación; n.d = no detectado

Resp: Clemens Ruerp

T= Presencia trazas. Entre límite de cuantificación y límite de detección

\* La recolección y transporte de la muestra no fue responsabilidad del personal del IRET



**Informe de análisis**

**Resultados de los análisis de plaguicidas en muestras de agua**

Nombre del servicio: Laboratorio de Hidrología Ambiental  
Solicitado por: Alicia Fonseca Sanchez  
Fecha de ingreso: 07 diciembre 16  
Código del servicio: S16-26  
Fecha del informe: 04-03-17 Avance Cru

Nº lab.			16-571	16-572	16-573	16-574	16-575	16-576
Código			NM2	NM3	NM4	NM5	NM8	RQH-01
Descripción			50 Manzanas 2	Asada Buenos Aires	Quebrada Onda	Quebrada Onda	San Martin 4	RQH-01
Fecha de muestreo			07-12-16	07-12-16	07-12-16	07-12-16	07-12-16	07-12-16
	Unidades	Análisis	LC*					
<b>Organoclorados</b>								
DDD-p.p (M)	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
DDE-p.p (M)	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
endosulfan-a	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
endosulfan-b	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Organofosforados</b>								
clorpirifos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	0,4
diazinon	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
dimetato	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
etoprofos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
fenamifos	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
fention	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
forato	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
malation	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
paration-metil	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
tebufos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
triazofos	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Piretroides</b>								
bifentrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
chlotrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
a-cipermetrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
deltametrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
permetrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Conazoles/triazoles</b>								
bifentanol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
ciproconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
fenconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
epiconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
fenbuconazol	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
micobutanil	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
propiconazol	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
tebuconazol	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	falta cuantificar
<b>Estrobilurina</b>								
azoxistrobina	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
trifloxistrobina	µg/L	GC-MS	<0,2	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Triazinas</b>								
ametrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
tebutrina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
terbutilazina	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
<b>Otros</b>								
butaclo	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
clomazona	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
clortalonil	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	0,9
metaxil	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
oxifluorfen	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
primetanil	µg/L	GC-MS	<0,05	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
pendimetalin	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
triadimenol	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
triadimefon	µg/L	GC-MS	<0,1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d

**Otras Sustancias**

cafeina

LC= límite de cuantificación; n.d = no detectado

T= Presencia trazas. Entre límite de cuantificación y límite de detección

\* La recolección y transporte de la muestra no fue responsabilidad del personal del IRET

Resp: Clemens Ruper

