

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
PROGRAMA DE POSGRADO**

**Caracterización y diagnóstico preliminar en la microcuenca del río Siquiares, Alajuela,  
para promover su manejo apropiado**

**Trabajo de graduación sometido a consideración de la División de Educación y  
Programa de Posgrado como requisito para optar al grado de**

**MASTER EN MANEJO Y GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**María Álvarez Jiménez**

**TURRIALBA, COSTA RICA**

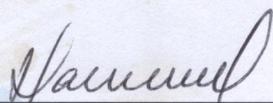
**2017**

Este trabajo de graduación ha sido aceptado en su presente forma por la División de Educación y el Programa de Posgrado del CATIE y aprobado por el Comité Asesor del estudiante, como requisito para optar por el grado de

División de Educación

**Máster en Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas**

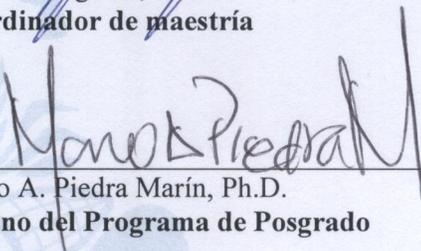
**FIRMANTES:**



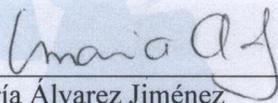
Jorge Faustino, Ph.D.  
**Director del Trabajo de Graduación**



Raffaele Vignola, Ph.D.  
**Coordinador de maestría**



Mario A. Piedra Marín, Ph.D.  
**Decano del Programa de Posgrado**



María Álvarez Jiménez  
**Candidata**

Programa de Posgrado

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la oportunidad de cumplir un sueño.

A mi esposo Luis Diego por su apoyo incondicional y paciencia en todo el proceso de la maestría.

A mi hija Daniela por acompañarme en mis estudios desde el vientre y darme siempre fuerzas para continuar.

A todas las personas que creyeron en mí.

Muchas gracias a todos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Diosito por permitirme cumplir mi sueño de continuar estudiando.

Al profesor PhD Jorge Faustino por sus observaciones y apoyo en todo el proceso de enseñanza de mi trabajo final.

A todo el personal docente y administrativo de la Maestría Profesional en Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
TABLA DE CONTENIDO .....	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ACRÓNIMOS .....	XI
RESUMEN .....	XII
ABSTRACT .....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES .....	2
1.JUSTIFICACIÓN .....	4
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 Objetivo general .....	8
2.2. Objetivos específicos .....	8
3. MARCO CONCEPTUAL.....	9
3.1 Definición Cuenca Hidrográfica .....	9
3.2. Caracterización biofísica y socioeconómica.....	10
3.3. Diagnóstico en manejo de cuencas hidrográficas.....	10
3.4 Uso del Agua en Costa Rica.....	10
3.5 Legislación de Costa Rica relacionada con el manejo de cuencas y recursos hídricos.....	11
3.6 Estado de situación de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles .....	12
3.7 Estudios de manejo de cuencas en Costa Rica.....	12
3.8 Estudios de la cuenca del rio Siquiares.....	13
4. METODOLOGÍA.....	14

4.1 Enfoque metodológico .....	14
4.2 Proceso metodológico de la investigación.....	16
4.3 Determinación de las variables de la caracterización biofísica y socioeconómica.....	16
4.4. Determinación de las variables el Diagnóstico preliminar o de reconocimiento.....	20
5. RESULTADOS Y ANALISIS DE LA INFORMACION .....	20
5.1 Caracterización Biofísica .....	20
5.2. Características morfométricas e hidrológicas de la microcuenca del rio Siquiares: .....	22
5.3 Características biofísicas.....	26
5.3.1. Características climáticas: .....	26
5.3.2. Fisiografía.....	28
5.3.3.Topografía y pendiente .....	29
5.3.4.Geología.....	30
5.3.5. Suelos .....	32
5.3. 6. Uso actual , capacidad de uso y conflictos .....	34
5.3.7.Erosión.....	39
5.3.8.Principales amenazas naturales .....	40
5.3.9.Zonas de vida .....	42
5.3.9.Recursos estratégicos de la cuenca .....	42
5.4. Caracterización Socioeconómica .....	44
5.4.1.Demografía: .....	44
5.4.2 Salud y seguridad social .....	46
5.4.3.Educación .....	47
5.4.4.Vivienda.....	49
5.4.5 Infraestructura vial y de transporte .....	51
5.4.6. Uso del agua.....	53
5.4.7 Servicios institucionales .....	56

5.4.8. Aspectos culturales, religiosos, recreativos, políticos.....	57
5.4.9 Actividades productivas silvoagropecuarias .....	59
5.5.0 Actividades productivas industriales y recreativas.....	62
5.5.1 Principales fuentes de empleo e ingresos.....	64
5.5.2.Tenencia de la tierra.....	65
5.5.3 Organización local.....	66
5.5.4.Institucionalidad y gobernanza .....	67
5.5.5.Proyectos y programas .....	67
5.5.6.Gobernabilidad y marco legal.....	70
Diagnostico biofísico y socioeconómico .....	72
a. Identificación de problemas biofísicos –socioeconómicos relacionados con el uso de los recursos naturales.....	72
b. Análisis del diagnóstico a través de las causas y consecuencias de problemas, potencialidades, riesgos y vulnerabilidades.....	73
6. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES .....	85
7. BIBLIOGRAFIA .....	88
8. ANEXOS.....	94

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distritos pertenecientes a la cuenca del río Siquiaries, Alajuela .....	22
Cuadro 2. Promedios de datos climáticos mensuales, periodo 1999-2014, estación Juan Santa María. Alajuela .....	26
Cuadro 3. Uso del suelo de la microcuenca del río Siquiaries.....	35
Cuadro 4. Uso conforme y no conforme del suelo de la microcuenca del río Siquiaries .....	38
Cuadro 5. Erosión del suelo de la microcuenca del río Siquiaries, según la metodología RUSLE.	40
Cuadro 6. Población y densidad de los distritos de la microcuenca del río Siquiaries 2000 y 2011, Alajuela .....	44
Cuadro 7. Proyección de la población de los distritos de la microcuenca del río Siquiaries para el periodo 2016, Alajuela .....	45
Cuadro 8. Población por sexo y % de participación, distrito de la Cuenca de Siquiaries, Alajuela. ....	46
Cuadro 9. Población asegurada por distrito, microcuenca de Siquiaries, Alajuela.....	46
Cuadro 10. Costa Rica: Población de 10 años y más por condición de alfabetismo y sexo, según cantón central.....	47
Cuadro 11. Indicadores de viviendas ocupadas y desocupadas según disponibilidad de servicios básicos por distrito, microcuenca de Siquiaries, Alajuela. ....	49
Cuadro 12. Lista de algunos atractivos turísticos en el Cantón de Alajuela, 2011.....	59
Cuadro 13. Empleo y desempleo, distrito de Turrucares y San Antonio del año 2011, Alajuela.	64
Cuadro 14. Total de fincas y extensión en hectáreas por forma de tenencia de la tierra, Alajuela, 2014. ....	65
Cuadro 15. Principales instituciones y organizaciones locales en la cuenca del río Siquiaries .....	67
Cuadro 16. Problemas de la microcuenca del río Siquiaries relacionados al uso de los recursos naturales .....	72
Cuadro 17. Potencialidades, riesgo y vulnerabilidad en el contexto de la gestión de la microcuenca del río Siquiaries .....	73
Cuadro 18. Matriz de análisis de los problemas biofísicos microcuenca del río Siquiaries.....	78
Cuadro 19. Matriz de análisis de los problemas socioeconómicos microcuenca del río Siquiaries	79
Cuadro 20. Matriz de análisis de potencialidades, riesgos y vulnerabilidades en el contexto de la gestión de la microcuenca del río Siquiaries.....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del procedimiento metodológico de la microcuenca del río Siquiares.....	14
Figura 2. Mapa de ubicación de la cuenca del río Siquiares, Alajuela .....	15
Figura 3. Mapa de ubicación de la cuenca del río Siquiares, Alajuela .....	21
Figura 4. Ruta 27 hacia Caldera se encuentra en la zona de estudio, Alajuela. ....	22
Figura 5. Curva Hipsométrica del río Siquiares.....	23
Figura 6. Mapa de drenajes de la microcuenca del río Siquiares.....	24
Figura 7. Mapa precipitación media anual .....	27
Figura 8. Mapa temperatura media .....	28
Figura 9. Mapa de la geomorfología .....	29
Figura 10. Mapa de pendientes.....	30
Figura 11. Mapa de formaciones geológicas.....	32
Figura 12. Mapa de órdenes de suelo .....	34
Figura 13. Mapa de uso del suelo.....	36
Figura 14. Área dedicada a pastos en el distrito de Turrucare, Alajuela.....	36
Figura 15. Desarrollo industrial en la parte baja de la cuenca del río Siquiares, Alajuela.....	37
Figura 16. Mapa de capacidad de uso del suelo .....	38
Figura 17. Mapa de conflictos de uso del suelo .....	39
Figura 18. Mapa de Erosión.....	40
Figura 19. Mapa de riesgos .....	41
Figura 20. Mapa de zonas de vida.....	42
Figura 21. Distribución de los centros educativos dentro del área de la microcuenca del Río Siquiares. ....	48
Figura 22. Oferta de proyectos urbanísticos en la parte alta, media y baja de la microcuenca del río Siquiares.....	50
Figura 23. Ruta carretera 27 .....	52
Figura 24. Toma de agua de las nacientes de Cebadilla de Turrucare.....	55

Figura 25. Subestación eléctrica en la Zona Franca Coyo.....	57
Figura 26. Centro Comercial Plaza Coyo.....	58
Figura 27. Industrias de carne y pollo ubicados en la parte baja de la microcuenca del río Siquiares .....	60
Figura 28. Empresa de lácteos y pinturas ubicados en la parte baja de la microcuenca del río Siquiares .....	60
Figura 29. Parques industriales en la parte baja de la microcuenca (Parque Condal Ciruelas y Parque Logístico El Coyo) .....	62
Figura 30. Construcción de LatAm Parque Logístico Coyo, que comprende cuatro edificios cuyas áreas suman, aproximadamente, 70.000 metros cuadrados arrendables. ....	63
Figura 31. Industrias establecidas cerca del río Siquiares, Alajuela.....	65
Figura 32. Muestra divulgativa para las áreas de protección.....	69
Figura 33. Muestra de alcantarillado atascado en época lluviosa en Villa Bonita y Montecillos de Alajuela .....	74
Figura 34. Muestra de muerte de peces por contaminación del agua, río Siquiares, Alajuela ....	75
Figura 35. Nacientes y Quebradas de la microcuenca del río Siquiares. ....	82

## ACRÓNIMOS

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación  
COMPURIRES: Comisión de la microcuenca del río Purires  
COMCURE: Comisión de la Cuenca del río Reventazón  
COBIRRIS: Comisión de la microcuenca del río Birris  
ACORACI: Asociación Conservacionista de los Ríos y del Ambiente de Ciruelas de Alajuela  
SETENA: Secretaria Técnica Nacional Ambiental  
IPS: Instituto de Políticas para la Sostenibilidad  
PROCOMER: Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica  
ASADAS: Acueductos Comunales  
EBAIS: Equipos Básicos de Atención Integral en Salud  
MINAE: Ministerio Nacional de Ambiente  
MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería  
MEP: Ministerio de Educación Pública  
FONAFIFO: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal  
ICE: Instituto Costarricense de Electricidad  
CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial  
UTN: Universidad Técnica Nacional  
ING: Instituto Geográfico Nacional  
INEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos  
A y A: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados  
GAM: Gran Área Metropolitana  
CNE: Comisión Nacional de Emergencias  
CGR: Contraloría General de la República

## RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio fue elaborar una Caracterización y diagnóstico preliminar en la microcuenca del río Siquiares, Alajuela que sirve de base para promover el manejo apropiado de la cuenca. La caracterización consistió en una descripción de las variables morfológicas, biofísica y socioeconómica necesarios para el proceso de planificación, manejo y gestión de cuencas hidrográficas. El diagnóstico se basó en identificar los principales problemas, las potencialidades, riesgos y vulnerabilidades.

Los resultados muestran que la microcuenca del río Siquiares es una cuenca urbana susceptible a procesos de cambio de uso del suelo acelerado producto del crecimiento acelerado de la provincia de Alajuela. Cuenta con un área de 1725 hectáreas, es una cuenca relativamente pequeña y con poca capacidad para coleccionar agua y con un menor volumen. Tiene forma rectangular alargada y está sujeta a crecientes de menor magnitud. Tiene pendientes moderadas y bajas en toda el área de drenaje.

Esta compuesta por cinco distritos y presenta excelentes condiciones climáticas que lo hacen atractivo para el establecimiento humano y desarrollo de actividades, posee una *precipitación anual* que oscila 1 500 mm a 3000 mm, y una temperatura media entre 22 °C a 26 °C. En el plano fisiográfico el origen está compuesto por relleno volcánico. La topografía en toda la cuenca tiene pendientes relativamente bajas, y concentra la mayor parte de la población por las características que posee para el desarrollo de actividades productivas. Tiene suelos inceptisoles, andisoles, vertisoles y ultisoles. El uso actual del suelo predomina el urbano en la parte alta y media compuesta por zonas francas industriales, comercios y desarrollos urbanísticos. La capacidad de uso del suelo se clasifica en la clase III y IV y la parte media y baja está compuesta por la clase III. La población en el año 2016 lo tiene el distrito de Alajuela con 47255 y La Garita con 8768, la microcuenca existen 6 centros educativos y se abarcan temas de educación ambiental. La infraestructura vial puede considerarse adecuada tiene vías de comunicación que responden al desarrollo acelerado del sitio (ruta 27, ruta 1 y ruta 3).

Finalmente se concluyó que el área de estudio tiene potencial para generar estrategias de manejo de cuenca para brindar soluciones a la problemática identificada.

Palabras claves: caracterización, diagnóstico, manejo de cuencas hidrográficas

## ABSTRACT

The main objective of the present study was to elaborate a preliminary characterization and diagnosis in the micro watershed of the Siquiara River, Alajuela, which serves as a basis to promote proper management of the basin. The characterization consisted in a description of the morphometric, biophysical and socioeconomic variables necessary for the process of planning, management and management of watersheds. The diagnosis was based on identifying the main problems, potentialities, risks and vulnerabilities. The results show that the micro watershed the Siquiara River is an urban basin susceptible to accelerated land use change processes due to the accelerated growth of the province of Alajuela. It has an area of 1725 hectares, is a relatively small basin and with little capacity to collect water and with a smaller volume. It has an elongated rectangular shape and is subject to smaller magnitudes. It has moderate and low slopes throughout the drainage area. It is composed of five districts and presents excellent climatic conditions that make it attractive for the human establishment and development of activities, has an annual precipitation ranging from 1 500 mm to 3000 mm, and an average temperature between 22 ° C to 26 ° C . In the physiographic plane the origin is composed by volcanic filling. The topography in the whole basin has relatively low slopes, and concentrates most of the population by the characteristics that it possesses for the development of productive activities. It has inceptisols, andisols, vertisols and ultisols. The current use of the land predominates the urban in the upper and middle part composed by export processing zones, commerce and urban development. Soil use capacity is classified in class III and IV and the middle and lower part is composed of class III. The population in 2016 has the district of Alajuela with 47255 and La Garita with 8768, the micro basin there are 6 educational centers and environmental education topics are covered. The road infrastructure can be considered adequate has communication routes that respond to the accelerated development of the site (route 27, route 1 and route 3). Finally it was concluded that the study area has the potential to generate basin management strategies to provide solutions to the Identified problem

Key words: characterization, diagnosis, watershed management

## **INTRODUCCIÓN**

La elaboración de una caracterización y diagnóstico en la parte media y baja de la microcuenca del río Siquiaries en la provincia de Alajuela es un insumo importante para lograr una planificación y gestión del territorio para promover el manejo apropiado de la microcuenca como estrategia ante la vulnerabilidad del cambio climático.

En los últimos años la microcuenca ha tenido un crecimiento urbano acelerado y sin una adecuada planificación del territorio, donde a su vez se demanda una serie de servicios que no tienen las condiciones requeridas; como lo es la infraestructura vial, muchas de ellas necesarias para el desarrollo de un lugar.

El presente trabajo será una herramienta para brindar soluciones a la problemática de gestión que existe dentro de la microcuenca. Según Informe Estado de la Nación Vigésimo Primero (2015) capítulo 6, indica que el cantón de Alajuela se encuentra como uno de los que tiene mayor recurrencia a desastres en el Valle Central y es uno de los que muestra un crecimiento urbano acelerado, con problemas de contaminación, con crecimiento en obras de infraestructura que disminuyen la capacidad de infiltración debido a la impermeabilidad del suelo, también posee asentamientos en los márgenes de ríos.

La mayoría de los sitios de esta cuenca puede considerarse como urbana lo que la hace más susceptible a desastres o eventos y con problemas de mal de manejo.

Por la situación planteada el presente realizara una caracterización y un diagnóstico, los cuales son elementos necesarios para el proceso de manejo de cuencas hidrográficas y a su vez constituyen la base sobre el cual se empieza a edificar toda la planificación que se desea implementar en el sitio de Siquiaries de Alajuela.

## **ANTECEDENTES**

En Costa Rica existen esfuerzos aislados para el manejo de cuencas hidrográficas así mismo hay diferentes instituciones del estado que se encargan de velar por la protección y conservación de estas unidades de manejo; una de ellas es el Sistema Nacional de Áreas de Conservación que posee un programa de Cuencas Hidrográficas donde se fomenta la protección de cuencas hidrográficas y sistemas hídricos, con la participación de la sociedad y contribuye al desarrollo sostenible (SINAC 2015).

Así mismo hay iniciativas a nivel nacional como el "Fondo de Agua" para proteger fuentes en cuencas de ríos Tárcoles y Virilla para financiar proyectos relacionados con regeneración de suelos, buenas prácticas agrícolas, restauración de zonas degradadas, educación ambiental, sistemas agroforestales, control de taludes, protección del bosque y reforestación (Amelia Rueda 2015).

También a nivel local en Costa Rica existen comisiones que trabajan en beneficio de las cuencas hidrográficas y se han reconocido por su capacidad de intervención en las microcuencas para asegurar calidad en sus fuentes de agua, protección de zonas de recarga acuífera, algunos de ellos son la COMPURIRES, COMCURE, COBIRRIS, Red Local de Cachí; lo más importante de estas iniciativas locales es el involucramiento de las comunidades en el manejo de las microcuencas.

En la microcuenca del río Siquiaries se han realizado estudios técnicos (calidad del agua, diagnóstico preliminar de la microcuenca, potabilización y saneamiento), también en el año 2009 se realizó un estudio hidrogeológico para los cauces de los ríos Alajuela, Ciruelas y Siquiaries, específicamente sobre las características físicas y climáticas de las cuencas. Así mismo existe una carencia de estudios en temas de caracterización y diagnóstico para la microcuenca del río Siquiaries.

La provincia de Alajuela cuenta con nacientes de agua potable que abastecen poblaciones de Siquiaries, San Miguel, Cebadilla y Turrúcares que se localizan dentro del cauce de algunos de sus principales ríos, algunas ubicadas en el río Siquiaries.

De la misma forma se han identificado la contaminación en los ríos del cantón de Alajuela como uno de los principales problemas que apuntan en la comunidad y, hoy en día se están

realizando acciones paliativas de control y rescate pero no serán totalmente efectivas si no se involucra a los actores sociales comprometidos y que internalicen la necesidad de rescatar, proteger y conservar, su recurso agua (Municipalidad de Alajuela 2007).

En los últimos años la provincia de Alajuela ha tenido un desarrollo en el ámbito económico, social e industrial importante, pero este crecimiento no ha tenido una adecuada planificación del territorio, y una ausencia de un diagnóstico territorial que identifique los mejores sitios para el desarrollo de la provincia y aquellas áreas vulnerables que no puede haber dicho desarrollo de actividades socioeconómicas. Alajuela no cuenta con estas disposiciones y por tanto es imposible definir la estrategia de planificación en el territorio.

Actualmente existen vías de acceso en mal estado, falta en mejoras de transporte, y falta de infraestructura de servicios.

Dentro del Plan Cantonal de Alajuela 2013-2023 específicamente en la agenda para la planificación del territorio, hay propuestas de mejora en carreteras, vialidad, renovación Urbana para Zonas de Atención Especial, mejoras en fuentes de abastecimiento de agua y muchas de ellas se encuentran dentro de la microcuenca del río Siquiáres, los cuales pueden servir de insumo para mejorar las condiciones de la unidad de manejo.

La microcuenca del río Siquiáres tiene un área de 1725 hectáreas y está integrada por los distritos de Alajuela, Barrio San José, San Antonio, Turrúcares y La Garita; limita al norte con el distrito de La Garita, al sur con el cantón de Mora, al este con el distrito de La Guácima y al oeste con el cantón de Atenas.

La elaboración de una caracterización y diagnóstico en la parte media y baja de la microcuenca del río Siquiáres, Alajuela, como mecanismo para evaluar la vulnerabilidad ante el cambio climático es un insumo importante para lograr una planificación y gestión del territorio y se hace necesaria la implementación de un plan de manejo bajo el enfoque de cogestión de cuencas.

La microcuenca del río Siquiáres puede considerarse urbana, debido a que sus características que presenta como la disminución de la infiltración debido a presencia marcada de proyectos urbanísticos, zonas francas e industriales lo que hace que el suelo se impermeabilice y se disminuya la cobertura forestal.

La propuesta que se desea desarrollar tratará de promover el manejo en la microcuenca del río Siquiaries, con un enfoque participativo y como estrategia ante la vulnerabilidad del cambio climático. Así mismo para planificar territorios aptos para el desarrollo de actividades productivas de acuerdo a condiciones del sitio identificando las necesidades que demandara el desarrollo, para atender las necesidades del contexto y coyuntura social que tiene el país en ser una nación que protege sus recursos y ser un país neutral.

## **1.JUSTIFICACIÓN**

Es importante mencionar que la microcuenca del río Siquiaries pertenece a la cuenca del río Grande de Tárcoles y la Sala Constitucional indican en la Resolución N° 5894-07 conocida como Voto Garabito, el cual ordena al Ministerio de Salud, a Acueductos y Alcantarillados, al Ministerio del Ambiente y a 34 municipalidades a adoptar acciones para eliminar de manera integral los focos de contaminación que existen a lo largo de la cuenca del río Grande de Tárcoles y se deben tomar medidas para iniciar el proceso de reparación del daño ambiental ocasionado en esa cuenca.

Según la Municipalidad de Alajuela (2013), el desarrollo urbano del cantón de Alajuela ha cambiado significativamente el uso del suelo, mucha área de uso agropecuario pasó a ser de uso urbano incrementando la participación de los sectores comerciales, urbanístico, de servicio y el industrial.

El río Siquiaries pertenece a la gran cuenca del río Grande de Tárcoles, y es el más contaminado de América Central, en esta se ubica el 55% de la población nacional y el 80% de las industrias, por lo que es necesario comenzar a recuperar la calidad de las aguas (Mena 2015).

La contaminación de los ríos nacionales es un problemática en Costa Rica, el cual ha venido en aumento con el pasar de los años, ríos que una vez fueron un centro para actividades recreativas y de esparcimiento se han convertido en botaderos de comunidades y empresas disminuyendo la posibilidad de ser utilizados para abastecimiento de agua potable e incrementando los costos de captación (Gómez 2009).

El establecimiento de industrias en la zona de la microcuenca del río Siquiaries responde a una serie de factores como; la disponibilidad de espacio físico, características topográficas, cambio tecnológico, ubicación, acceso-conectividad, disponibilidad de otros recursos como por ejemplo de recurso hídrico, líneas de alta tensión eléctrica y acceso a Internet.

En la última década el río Siquiares ha estado afectado por problemas de contaminación producto de las empresas que se han establecido en los últimos años, donde la Asociación Conservacionista de los Ríos y del Ambiente de Ciruelas de Alajuela (ACORACI) y comunidad ha intervenido denunciado estos hechos. Así mismo existen una serie de empresas que generan residuos y no cumplen con la normativa y vierten sus aguas sin tratamiento al río Siquiares.

Un caso se presentó en el año 2007 cuando la cooperativa de leche Dos Pinos arrojó residuos de grasa al río provocando la muerte de los peces. Según SETENA-IPS (2001), el río Siquiares se vio modificado en sus características físicas y químicas por la acumulación de grasas, grandes cantidades de sólidos lácteos descompuestos, espumas y otros contaminantes, además se observó un incremento en los problemas de plagas de dípteros, entre los cuales se citan zancudos y larvas de moscas y malos olores, al final la empresa asumió la responsabilidad y pagó una indemnización.

Actualmente otra empresa de carnes cercana al cauce del río Siquiares ha vertido aguas mal tratadas al río provocando la muerte de peces (Periódico La Nación 2016). En los últimos años estas y otras empresas han realizado una serie de prácticas que han tenido afectación la calidad del río y han perdido su biodiversidad.

La microcuenca del río Siquiares se encuentra en la provincia de Alajuela, tiene un área de 1725 hectáreas y está conformado por cuatro distritos, dicha cuenca se puede catalogar como una cuenca urbana. La cuenca del río Siquiares se encuentra en una zona de desarrollo industrial con un crecimiento de zonas francas.

Según PROCOMER (2015) registro en julio del año 20 alrededor de 29 zonas francas en el sitio del Coyol de Alajuela, cada una tiene sus respectivas empresas y la mayoría de ellas tienen influencia dentro de la micro cuenca del río Siquiares y son usuarias del agua.

De acuerdo con la Municipalidad de Alajuela, el distrito del Barrio San José de Alajuela donde se ubica el Coyol muestra un rápido crecimiento residencial que complementa con el auge industrial de la zona, por ejemplo en el año 2013 se tramitaron a la municipalidad 5732 metros cuadrados y en el año 2015 aumento a 17696 metros cuadrados (Díaz 2016).

Lo planteado evidencia que esta zona donde se ubica la microcuenca del río Siquiaries es atractiva para los proyectos urbanísticos, y además dichos proyectos impactarían de forma positiva y negativa en los recursos de la microcuenca, así como demandarían el servicio de agua.

El río Siquiaries nace entre las comunidades de Turrúcares y Ciruelas, atraviesa el distrito de este a oeste y desemboca en el río Alajuela, su cauce lo engrosan cuatro nacientes, de las cuales cinco están captadas para el consumo humano, a saber: la de Siquiaries, San Miguel, Cebadilla y Santa Rita. Las nacientes están en la rivera o en el cauce principal del río y las captaciones son de tipo manantial. Estas captaciones se ven afectadas de forma negativa por la contaminación que genera las aguas residuales y la disposición de desechos sólidos de la Zona Franca Industrial y comercial, desagües y acequias del mismo Turrúcares y Ciruelas. En otras palabras, las aguas del río están contaminadas por los desechos industriales, urbanísticos y ganaderos de estas comunidades (Marozzi 2002).

En los últimos años se ha evidenciado una problemática ambiental, malas prácticas de conservación y un acelerado crecimiento poblacional, urbanístico, industrial y comercial, y esta problemática ha formado una degradación en los recursos de la cuenca. De acuerdo al desarrollo actual y al que se proyecta puede comprometer con los recursos naturales de la microcuenca y se encuentra en un momento donde se puede prevenir consecuencias ambientales irreversibles.

Igualmente se han realizado una serie de estudios técnicos en la microcuenca del río Siquiaries, pero actualmente no existe una caracterización ni un diagnóstico real de la unidad de manejo, por tanto es necesario su estudio pero con un enfoque de cogestión en la cuenca del río Siquiaries se han realizado estudios aislados, pero ninguno se vincula con el enfoque de gestión de la cuenca, por tanto se requiere la elaboración de una caracterización y diagnóstico como un primer insumo que servirá posteriormente para generar estrategia de manejo en dicha cuenca. La caracterización es el tercer elemento del proceso de manejo de cuencas hidrográficas y constituye el componente de base sobre el cual se empieza a edificar toda la planificación e implementación de este proceso, y lo más importante es que se debe relacionar con el diagnóstico (Jiménez y Faustino 2011).

Según Jiménez y Faustino (2011), la caracterización cumple tres funciones muy importantes:

- Describir y tipificar las características principales de la cuenca.

- Sirve de información básica para definir y cuantificar el conjunto de indicadores que servirán de línea base para el seguimiento, monitoreo y evaluación de resultados e impactos de los planes, programas o proyectos de manejo y gestión de cuencas.
- Sirve de base para el diagnóstico, donde se identifican y priorizan los principales problemas de la cuenca, se identifican sus causas, consecuencias y soluciones y se determinan las potencialidades y oportunidades de la cuenca.

Los beneficiarios de este estudio serán las comunidades ubicadas en la parte media y baja de la microcuenca del río Siquiaries, la Asociación Conservacionista de los Ríos y el Ambiente de Ciruelas de Alajuela, dueños de fincas, la Asociación de Amigos del Medio Ambiente del río Siquiaries, las ASADAS, los comités de vecinos, los EBAIS, sector industrial, comercial y además algunos beneficiarios indirectos como el MINAE, SINAC, Ministerio de Salud, MAG, MEP, FONAFIFO, Universidades, entre otros.

Este estudio servirá de insumo para el rescate de la microcuenca para las comunidades y para un futuro plan de manejo de la microcuenca, para recuperar la unidad de manejo y la calidad de vida de las comunidades que la conforman y además para definir una estrategia para atender los problemas ambientales., se considera de vital importancia ya que brindará una respuesta a las dificultades que existen en la cuenca.

Lo que se pretende es dar respuesta a las siguientes preguntas:

¿Cuáles son los factores que inciden en el deterioro de los recursos de la micro cuenca del río Siquiaries?

Cuáles serían los beneficios de realizar un diagnóstico preliminar en la microcuenca del río Siquiaries?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Elaborar una caracterización y diagnóstico en la microcuenca del río Siquiares para promover su manejo apropiado.

### **2.2. Objetivos específicos**

- a) Realizar un inventario de los recursos naturales en la microcuenca del río Siquiares a través de la caracterización biofísica y socioeconómica.
  
- b) Elaborar un diagnóstico preliminar para determinar los problemas y potencialidades de la microcuenca del río Siquiares.

### **3. MARCO CONCEPTUAL**

Esta sección presenta diferentes conceptos y teorías relacionados con la investigación, con la finalidad de entender la dinámica del tema y contribuir a profundizar el tema la caracterización y diagnóstico biofísico y socioeconómico en la parte media y baja de la microcuenca del río Siquiares necesaria para contar con un inventario detallado de los recursos de la cuenca.

El país exhibe logros importantes en el acceso y la cobertura de agua potable, pero existen varias situaciones que atentan contra la posibilidad de mantenerlos, ya que se carece de información suficiente para conocer y manejar el recurso, lo cual incide en la capacidad de planificar su uso, una tarea urgente en un marco de cambio climático y alta contaminación. Así mismo hay lentitud en los avances en materia de tratamiento y saneamiento significa una amenaza, por su impacto sobre los cuerpos de agua (Estado de la Nación 2015).

#### **3.1 Definición Cuenca Hidrográfica**

La cuenca hidrográfica es una unidad adecuada para la planificación y manejo sostenible de los recursos naturales, principalmente se trata de enfocar el espacio definido por la naturaleza y cómo funcionan los elementos naturales y socioeconómicos que la constituyen. La unidad está constituida por un espacio en el cual las personas y los recursos desarrollan un territorio (Watler *et al*/2013).

La cuenca también se divide en “parte alta, media y baja”, generalmente se realiza en función a características de relieve, usos de la tierra, altitud y aspectos climáticos (Watler *et al*/2013). En el presente trabajo se concentrará la investigación en la parte media y baja de la microcuenca del río Siquiares en Alajuela.

El manejo integral de cuencas, pero además enfatiza en los procesos y acciones (la gestión) necesarias para lograr los recursos humanos, económicos, logísticos y administrativos requeridos para lograr ese manejo integral o manejo de la cuenca. La gestión tiene como base un conjunto de procesos y acciones, denominado ciclo de la gestión de cuencas que incluye el reconocimiento de la cuenca, la identificación y análisis de los actores e informantes claves, el diagnóstico, el ordenamiento del territorio, el establecimiento de la línea base, la elaboración e implementación del plan de gestión de la cuenca, los mecanismos de gestión financiera y administrativa, el sistema

de monitoreo y evaluación, así como la sistematización y comunicación de las experiencias (Faustino y Chaves 2015).

### **3.2. Caracterización biofísica y socioeconómica**

Es un inventario detallado de los recursos y las condiciones biofísicas, socioeconómicas y ambientales de la cuenca y sus interrelaciones. La caracterización está dirigida fundamentalmente a cuantificar las variables que determinan los atributos de la cuenca con sus recursos naturales, el ambiente y las condiciones socioeconómicas de las comunidades que la habitan (Faustino y Chaves 2015).

### **3.3. Diagnóstico en manejo de cuencas hidrográficas**

Es un proceso dirigido a determinar el estado actual de la cuenca o microcuenca, considerando su capacidad natural y las tendencias de las intervenciones humanas sobre los recursos naturales y el ambiente. Consiste en conocer las características, potencialidades, oportunidades, interacciones problemas, causas, consecuencias y soluciones a esos problemas de la cuenca, interpretando como funciona este sistema, desde el punto de vista biofísico, socioeconómico y ambiental (Faustino y Chaves 2015).

### **3.4 Uso del Agua en Costa Rica**

El conocimiento sobre el uso del agua en el país es limitado, gran parte se da sin concesiones reportadas y hay pocos datos sobre el uso real de las aguas subterráneas. Según los registros oficiales, cuatro cuencas concentran más de la mitad (56,3%) del volumen aprovechado (Estado de la Nación 2015).

De acuerdo con la Dirección de Agua-MINAE, los mayores volúmenes, considerando ambos tipos de fuentes, correspondieron a las cuencas de los ríos Grande de Tárcoles (21,7%), Tempisque (15,9%), Grande de Térraba (10,2%) y Bebedero (8,5%). Las tres primeras son también las cuencas más explotadas desde el punto de vista de las fuentes subterráneas (Estado de la Nación 2015).

En Costa Rica, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), clasificó la totalidad del territorio nacional en 34 grandes cuencas hidrográficas (ICE, 1990). De ellas se derivan las subcuencas y esta a su vez conformadas por microcuencas.

### **3.5 Legislación de Costa Rica relacionada con el manejo de cuencas y recursos hídricos**

Ley forestal (Ley No. 7575 del 5 de febrero de 1996)

La Ley Forestal declara áreas de protección las siguientes:

1. Las áreas que bordeen nacientes permanentes, definidas en un radio de cien metros medidos de modo horizontal.
2. Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado.
3. Una zona de cincuenta metros medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones. Se exceptúan los lagos y embalses artificiales privados.
4. Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley.

La misma Ley Forestal establece una prohibición para talar en áreas protegidas, se prohíbe la corta o eliminación de árboles en las áreas de protección descritas en el artículo anterior

Ley de aguas (Leyes No. 276 del 27 de agosto de 1942)

En la Ley de aguas se establece la obligación de las autoridades de la República, de evitar la disminución de las aguas producida por la tala de bosques y de tomar las medidas necesarias para conservar los árboles, especialmente a los orillas de los ríos y nacimientos de aguas.

El artículo 146 menciona que se prohíbe la destrucción de los bosques que estén situados en las pendientes, orillas de las carreteras y demás vías de comunicación, lo mismo que los árboles que puedan explotarse sin necesidad de cortarlos, como el hulero, el chicle, el liquidámbar, el bálsamo y otros similares.

Se establece en el artículo 148 que los propietarios que tengan terrenos atravesados por ríos, arroyos, o aquellos en los cuales existan manantiales, en cuya vegas o contornos hayan sido destruidos los bosques que les sirvan de abrigo, están obligados a sembrar árboles en las márgenes de los mismos ríos, arroyos o manantiales, a una distancia no mayor de cinco metros de las expresadas aguas, en todo el trayecto y su curso, comprendido en la respectiva propiedad.

### **3.6 Estado de situación de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles**

La cuenca del río Grande de Tárcoles abarca parcialmente las provincias de San José, Alajuela, Heredia, Cartago y Puntarenas (afectando 36 de los 81 municipios existentes en el país, se ubica en el sector central y occidental del Valle Central de Costa Rica y se extiende hasta la Vertiente del Pacífico (coordenadas planas 189.000 - 241.400 de latitud norte y 462.00 - 547.900 de longitud oeste) (Alfaro, 2015). Así mismo la microcuenca del río Siquiara se encuentra dentro de la cuenca del río Grande de Tárcoles, por ello es importante tomar conocer su entorno.

En esta cuenca se concentra la mayor parte de la población del país y se realizan las principales actividades productivas y económicas (industrias de alta tecnología, de bebidas, químicas, agroindustriales, metalúrgicas, comercio y servicios). Dentro de la cuenca en la parte superior se encuentran los acuíferos de El Zapote, Coronado, Escazú, Área Metropolitana, Santa Ana, Barva - Colima, Poás-Grecia, Atenas, San Ramón – Palmares y en la parte baja de la cuenca se localiza parte del acuífero Tárcoles (Rojas 2011).

De acuerdo con la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia (2007), no existe un programa integral para el control y saneamiento de la contaminación de la Cuenca del Tárcoles y con el fin de integrar a todas las institucionales involucradas, brindarles a autoridad y los recursos necesarios se crea la Comisión para la Gestión Integral de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles, para que se trabaje en la elaboración e implantación de proyectos específicos y de integración de las comunidades pertenecientes a esta cuenca promoviendo, estimulando y facilitando su participación ordenada y en la solución del problema de la contaminación del recurso hídrico.

### **3.7 Estudios de manejo de cuencas en Costa Rica**

A nivel de Costa Rica se han realizado estudios de caracterización y diagnósticos en cuencas para determinar el estado de cada una de ellas, por ejemplo el estudio realizado en cuenca del Río Jesús María por parte del CATIE y FONAFIFO (2011), dicha información sirvió de base para el diseño e implementación para un Plan de Manejo.

Además Ramírez *et al* (2008) realizaron una caracterización física de la cuenca media del río Reventado en la provincia de Cartago, y el estudio consistió en determinar la capacidad de uso de

las tierras de la cuenca media del río Reventado, Cartago, Costa Rica y se hizo una propuesta de uso adecuado, empleando la metodología del MAG. Es muy importante dicho estudio ya que la cuenca es de importancia nacional debido a su potencial hídrico y a que es una de las principales regiones productoras de hortalizas.

También PREVDA (2008) realizó el Plan de cuenca del Río Reventazón-Parismina 2008 – 2010, en dicho plan se determinaron las características biofísicas y socioeconómicas de la cuenca y basado en ello se desarrolló la línea base para realizar el plan de manejo.

### **3.8 Estudios de la cuenca del río Siquiaries**

En relación a estudios que se han realizado en la microcuenca del río Siquiaries se realizó un estudio Hidrológico e hidráulico del río Siquiaries a cargo de los consultores Pablo Ramírez y Christian Birkle en el año 2007.

Luego se encuentra un estudio hidrogeológico para los cauces de los ríos Alajuela, Ciruelas y Siquiaries elaborado por los ingenieros Rafael Oreamuno y Roberto Fernández en el 2009.

También se elaboró una tesis a cargo de la Ingeniería Cinthya Gómez Castro en el año 2009 y desarrollo una Evaluación del nuevo reglamento de vertido de aguas residuales en cuerpos de agua del río Siquiaries.

En el año 2001 el SETENA y IPS, realizó una valoración económica del daño ambiental ocasionado por el la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos en el Coyol de Alajuela, específicamente sobre el daño causado por los vertidos de la planta de tratamiento de la cooperativa. Dicha empresa arrojó residuos de grasa al río provocando la muerte de los peces. Según SETENA-IPS (2001), el río Siquiaries, se vio modificado en sus características físicas y químicas, por la acumulación de grasas, grandes cantidades de sólidos lácteos descompuestos, espumas y otros contaminantes, además se observó un incremento en los problemas de plagas de dípteros, entre los cuales se citan zancudos y larvas de moscas y malos olores, al final la empresa asumió la responsabilidad y pago una indemnización.

Así mismo en el año 2014 la Contraloría General de la República elaboro un Informe de la auditoría de carácter especial acerca del cumplimiento de las obligaciones establecidas en la normativa para el resguardo de las áreas de protección de los ríos ubicados en la gran área

metropolitana, y dentro. Consistió en realizar una auditoría de carácter especial con el objetivo analizar la razonabilidad de las acciones realizadas por parte del Estado para la conservación de las zonas de protección de los ríos ubicados en el Gran Área Metropolitana, y parte de los ríos analizados estuvo el Siquiaries, abarcó el período comprendido entre año 2011 y el 2013.

En el año 2015 se realizó una tesis a cargo del Ingeniero Oscar Mena Ceciliano en el tema de Elaboración de un perfil de contaminación para conocer el estado actual de la cuenca del río Siquiaries.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 Enfoque metodológico**

La presente metodología que se utilizó seguirá la secuencia de los objetivos planteados y sirvió de partida para mantener un desarrollo coherente del trabajo de investigación (figura 1).

La primera etapa consistió en realizar una caracterización biofísica y socioeconómica en la parte media y baja de la microcuenca del río Siquiaries necesaria para contar con un inventario detallado de los recursos de la microcuenca, y la segunda etapa fue un diagnóstico preliminar para determinar los problemas y potencialidades de la microcuenca del río Siquiaries.



Figura 1. Etapas del procedimiento metodológico de la microcuenca del río Siquiaries.

## Ubicación y descripción de área de estudio

La microcuenca del río Siquiaries tiene un área de 1725 hectáreas y está compuesta por los distritos de Alajuela, Barrio San José, San Antonio, Turrúcares y La Garita, limita al norte con el distrito de La Garita, al sur con el cantón de Mora, al este con el distrito de La Guácima y al oeste con el cantón de Atenas. Esta microcuenca es regada por los ríos Tizate y Siquiaries y posee numerosas quebradas con agua de nacientes y quebradas (Figura 2). Geográficamente se ubica en las hojas topográficas Abra, Barva, Naranjo y Río Grande a escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional (ING)

La microcuenca del río Siquiaries tiene vías de comunicación en acelerado desarrollo, una de ellas es la ruta 27 hacia Caldera se encuentra en la zona de estudio, y ha significado una mejora sustancial de tiempos de viaje y accesibilidad a la región del Pacífico Central; en la sección que atraviesa el Cantón de Alajuela existen 4 intercambios para acceder a la autopista; La Reforma, La Guácima, Siquiaries y Turrúcares. Así mismo existe otra vía de comunicación en la parte media de la microcuenca la cual es la Radial al Coyol que comunica el intercambio de Siquiaries con el intercambio del Coyol en la Ruta 1, habilitada en junio 2012.

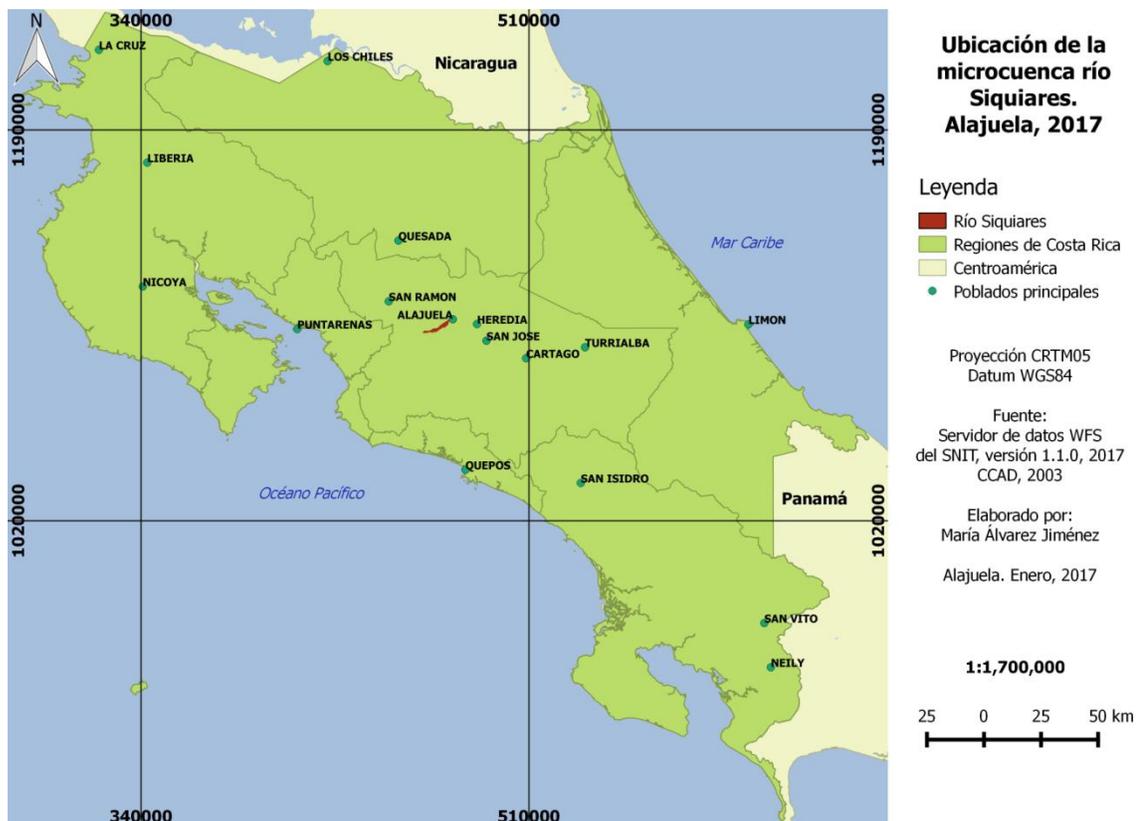


Figura 2. Mapa de ubicación de la cuenca del río Siquiaries, Alajuela

## **4.2 Proceso metodológico de la investigación**

**I Fase:** Caracterización biofísica y socioeconómica en la parte media y baja de la microcuenca del río Siquiara necesaria para contar con un inventario detallado de los recursos de la microcuenca

La primera fase es la caracterización biofísica y socioeconómica de la microcuenca del río Siquiara, por medio de esta caracterización se determinó el estado actual y los recursos (biofísicos y socioeconómicos) de la microcuenca y sus interrelaciones entre sí.

La caracterización está dirigida a cuantificar las variables que tipifican a la cuenca con el fin de establecer la vocación, posibilidades y limitaciones de sus recursos naturales y el ambiente y las condiciones socioeconómicas de las comunidades que la habitan (Jiménez y Faustino 2011).

Para realizar esta caracterización se utilizó información secundaria y se realizó una búsqueda de material bibliográfico en libros, tesis, revistas, documentos, bibliografía en línea, periódicos, información cartográfica. Muchas de ellas se obtendrán de bases de datos en línea e instituciones públicas como Bibliotecas de Universidades Públicas, del CATIE, Municipalidad de Alajuela, Área de Conservación Volcánica Central oficina regional de Alajuela.

También se utilizó información primaria por medio de consultas a expertos para investigar metodologías utilizadas y para búsqueda de información pertinente a la investigación.

En algunos casos se requirió de entrevistas o reuniones con personas claves del área de estudio y de instituciones u organizaciones.

También se realizó recorridos de campo o visitas para validar información secundaria.

## **4.3 Determinación de las variables de la caracterización biofísica y socioeconómica**

Para la fase de la determinación de la caracterización biofísica y socioeconómica se utilizó la metodología de Faustino y Chaves (2015).

Se realizó el procesamiento de información básica para generar diferentes mapas utilizando herramientas geográficas como el uso del programa Quantum Gis 2.18.3

Así mismo se utilizó la geobase de datos (IDE – Infraestructura de Datos Espaciales) del SNIT (Sistema Nacional de Información Territorial), el cual es la información geográfica en línea de la cartografía del Registro Nacional de Costa Rica.

**Se determinó las siguientes variables biofísicas:**

- a) **Ubicación:** país, departamento, estado o provincia, latitud, longitud, área, incluyendo el mapa base de la cuenca.
- b) **Características morfométricas e hidrológicas de la cuenca:** forma, curva hipsométrica (elevaciones), longitud y pendiente del cauce principal, orden y longitud de la red de drenaje, densidad de cauces (no. cauces o drenajes/área de la cuenca), densidad de drenaje (longitud de drenajes/km<sup>2</sup> de área), caudales (promedio, máximos, mínimos). Incluyendo el mapa de la red de drenaje y división de microcuencas.
- c) **Síntesis: de las características de ubicación, morfométricas e hidrológicas de la cuenca.**
- d) **Características climáticas:** idealmente precipitación mensual, distribución de la precipitación en tiempo y área, mapa de precipitación, distribución mensual de temperatura, humedad relativa, brillo solar, evapotranspiración y vientos.
- e) **Fisiografía:** accidentes geográficos (mesetas, valles, lomas, cañones, relieve general) y descripción de paisajes. Incluyendo el mapa fisiográfico.
- f) **Topografía y pendiente:** clases de topografía (plana, ondulada, fuertemente ondulada, escarpada, muy escarpada) y rangos de pendiente, área y porcentaje del total de la cuenca asociados. Incluyendo el mapa de pendientes.
- g) **Geología:** principales unidades geológicas, área de la cuenca que ocupan y descripción de las mismas, así como la información hidrogeológica (infiltración, conductividad, acuíferos, corrientes subterráneas) cuando exista esa información. Incluyendo el mapa de unidades geológicas y de zonas de recarga hídrica.
- h) **Suelos:** identificar los principales órdenes, área de la cuenca que ocupan y descripción de los mismos Incluyendo el mapa de los órdenes de suelo predominantes, o a mayor detalle si existe.
- i) **Uso actual, capacidad de uso y conflictos:** describir los usos actuales, la capacidad de uso y los conflictos de uso (también denominados divergencia, conforme o no conforme), con el área y porcentaje del total de la cuenca asociada a cada uso. Incluyendo el mapa de uso actual y capacidad de uso.
- j) **Erosión:** indicar las categorías de erosión (extrema, fuerte, moderada, leve), área y porcentaje del total de la cuenca asociado a cada categoría. categorías de erosión (ton/ha).
- k) **Principales amenazas naturales:** describir las principales amenazas naturales en la cuenca: deslizamientos, avalanchas, sequías, inundaciones, vulcanismo, sismos, desertificación, contaminación, etc. Incluyendo el mapa de amenazas.

- l) **Zonas de vida:** identificar y describir las principales zonas de vida (Holdridge), área que ocupan y porcentaje del total asociada a esa zona de vida. Incluyendo el mapa de las zonas de vida.
- m) **Recursos estratégicos de la cuenca:** identificar los recursos estratégicos como suelo, agua, biodiversidad, ecoturismo, paisajes, cascadas, minerales, hidroelectricidad, fijación de carbono, etc.
- n) **Síntesis interpretativa de las características biofísicas de la cuenca:** en esta parte se requiere un resumen de manera analítica las características biofísicas más relevantes de la cuenca y sus interacciones.

### **Se determinó las siguientes variables socioeconómicas**

- a) Demografía:** población, composición, número de familias, densidad, tasa de crecimiento poblacional, migración, datos históricos, etc.
- b) Salud y seguridad social:** servicios de salud, población cubierta por el seguro, acceso, frecuencia de asistencia, programas preventivos, enfermedades más frecuentes y causantes de muertes, letrización, programas preventivos, etc.
- c) Educación:** alfabetismo, preescolar, escuelas, colegios, otros centros educativos, etc.
- d) Vivienda:** población con vivienda, tipo de vivienda, programas de vivienda, etc.
- e) Infraestructura vial y de transporte:** infraestructura vial y de transporte más importante, medios de transporte dentro y fuera de la cuenca, calidad, frecuencia del servicio.
- f) Uso del agua:** agua de consumo humano (fuentes, acceso, calidad, cantidad, disponibilidad, servicio, administración, etc), agua para generación hidroeléctrica, agua para riego, agua para recreación, agua para ecoturismo.
- g) Servicios institucionales:** energía eléctrica, alcantarillado sanitario, recolección de basura, limpieza de calles, limpieza de tanques sépticos, tratamientos de aguas negras, crédito, cooperación técnica, capacitación, etc.
- h) Aspectos culturales, religiosos, recreativos, políticos:** principales rasgos culturales existentes en la población de la cuenca, principales religiones y grado de afiliación, opciones recreativas y deportivas.
- i) Actividades productivas silvoagropecuarias:** principales cultivos, rendimientos, mercado, mercadeo comercialización, tamaño de las unidades de producción, nivel tecnológico, uso de pesticidas, uso de tecnologías conservacionistas, rentabilidad; principales actividades pecuarias, no. de animales, tipo de actividad forestal, pago de servicios ambientales, etc.

- j) Actividades productivas industriales y recreativas:** principales actividades industriales, eco turísticas, recreativas, deportivas, número de entidades y organizaciones participando, etc.
- k) Principales fuentes de empleo e ingresos:** niveles de empleo e ingreso per cápita, fuentes de empleo, tendencias.
- l) Tenencia de la tierra:** formas de tenencia: propia, alquilada, prestada, municipal, nacional (porcentajes de cada forma de tenencia).
- m) Organización local:** principales organizaciones existentes, funciones, participación de la sociedad civil, ONG, comités de agua, comités de cuenca, comités de emergencia y atención de desastres, comités de vigilancia, asociaciones de desarrollo, etc.
- n) Institucionalidad y gobernanza:** tipos, funciones, recursos que disponen, percepción por la población civil, niveles y formas de coordinación e interacción.
- o) Proyectos y programas** de desarrollo rural, manejo de recursos naturales, agricultura, ganadería, reducción de la vulnerabilidad, iniciativas de desarrollo, etc.
- p) Gobernabilidad y marco legal:** gobierno distrital, municipal, nacional, funciones, cumplimiento de leyes, reglamentos, ordenanzas municipales, disponibilidad de recursos económicos, descentralización, etc.
- q) Síntesis interpretativa de las características socioeconómicas:** en esta parte se requiere un resumen de manera analítica las características socioeconómicas más relevantes de la cuenca, sus interacciones y posibles implicancias para el manejo y gestión de la cuenca.

**II Fase:** Diagnóstico preliminar para determinar los problemas y potencialidades de la microcuenca del río Siquiaries para promover el manejo apropiado de la cuenca como estrategia ante la vulnerabilidad ante el cambio climático.

Al igual que la fase anterior se utilizó información secundaria y se realizó una búsqueda de material bibliográfico en libros, tesis, revistas, documentos, bibliografía en línea, periódicos, información cartográfica. Muchas de ellas se obtuvieron de bases de datos en línea e instituciones públicas como Instituciones, Bibliotecas de Universidades Públicas, del CATIE, Municipalidad de Alajuela, Área de Conservación Volcánica Central oficina regional de Alajuela.

También se utilizó en algunos casos información primaria por medio de consultas a expertos para investigar metodologías utilizadas y para búsqueda de información pertinente a la investigación.

#### **4.4. Determinación de las variables el Diagnóstico preliminar o de reconocimiento**

Se elaboró con fines de conocimientos básicos sobre la microcuenca del río Siquiares para tener una idea rápida del estado de la cuenca y los factores más relevantes que explican la problemática y las potencialidades de la microcuenca que sirva de insumo para la determinación de acciones de mitigación ante la vulnerabilidad y el riesgo ante el cambio climático. Se realizó con base a información secundaria y primaria, integrando conocimiento de expertos.

Para esta fase para la realizo el diagnóstico preliminar y se utilizó la metodología de Watler y Faustino (2013).

a. Se realizó la identificación de problemas, potencialidades, riesgos y vulnerabilidades, en el área biofísico y socioeconómico (Ver anexo 1 y 2).

b. Se elaboró un análisis de problemas, potencialidades, riesgos y vulnerabilidades: se efectúa con una visión integral, asociándolos, relacionándolos e identificando las externalidades a través de las matrices de causas, consecuencias (efectos), zonas de ubicación y actores afectados, y alternativas de solución. Este análisis permitirá estructurar de manera interpretativa el diagnóstico. (Ver anexo 3, 4 y 5).

### **5. RESULTADOS Y ANALISIS DE LA INFORMACION**

#### **5.1 Caracterización Biofísica**

##### **UBICACION DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La microcuenca del río Siquiares tiene un área de 1725 hectáreas y está compuesta por los distritos de Alajuela, Barrio San José, San Antonio, Turrúcares y La Garita, limita al norte con el distrito de La Garita, al sur con el cantón de Mora, al este con el distrito de La Guácima y al oeste con el cantón de Atenas. Esta microcuenca tiene una red hídrica constituida por los ríos Tizate y Siquiares y posee numerosas quebradas con agua de nacientes y quebradas (Figura 3). La microcuenca del río Siquiares tiene vías de comunicación en acelerado desarrollo, una de ellas es la ruta 27 hacia Caldera se encuentra en la zona de estudio, y ha significado una mejora sustancial de tiempos de viaje y accesibilidad a la región del Pacífico Central; en la sección que atraviesa el Cantón de Alajuela existen 4 intercambios para acceder a la autopista; La Reforma, La Guácima, Siquiares y Turrúcares. Asimismo existe otra vía de comunicación en la parte media de la microcuenca la cual es la Radial al Coyol que comunica el intercambio de Siquiares con el intercambio del Coyol en la Ruta 1, habilitada en junio 2012.

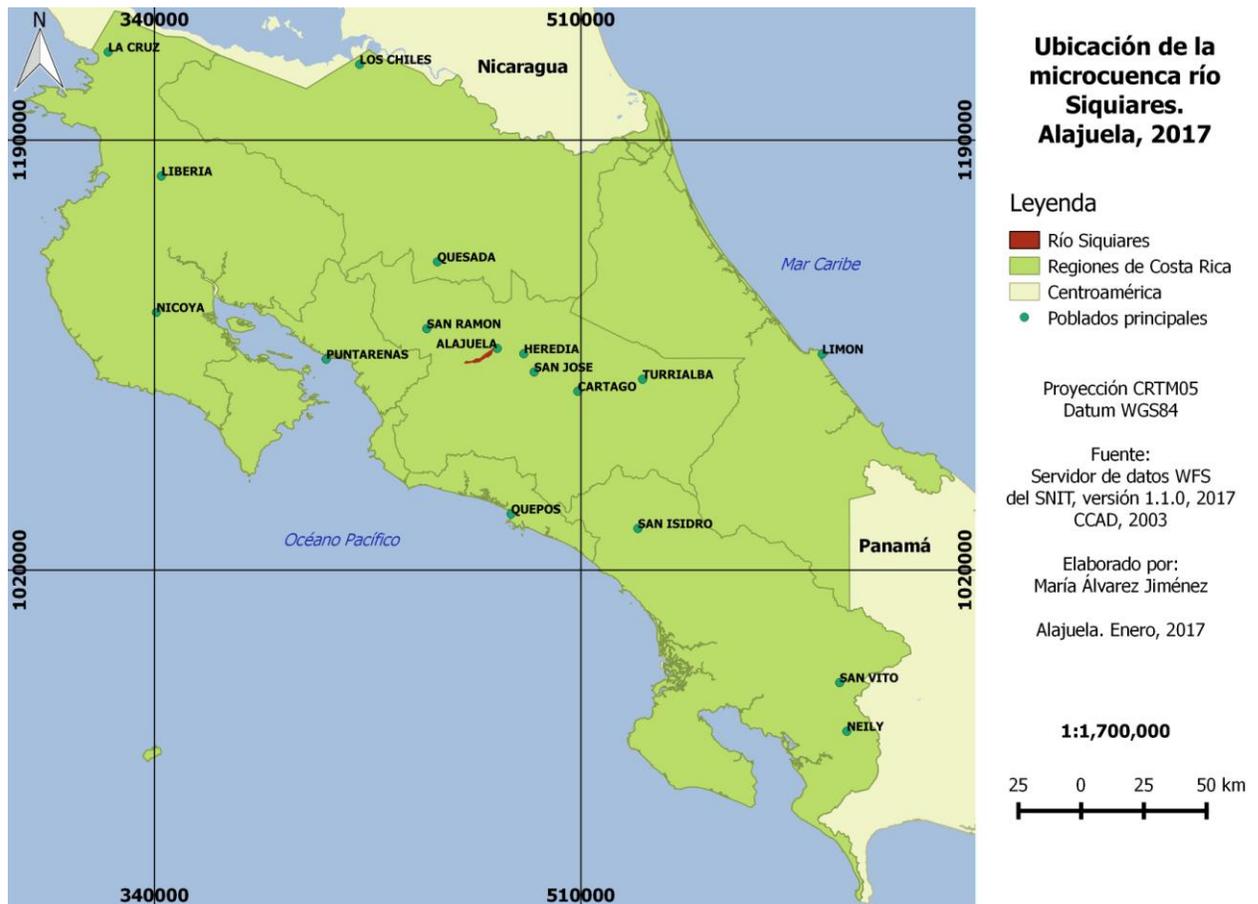


Figura 3. Mapa de ubicación de la cuenca del río Siquiaries, Alajuela

La cuenca del río Siquiaries tiene vías de comunicación en acelerado desarrollo, una de ellas es la ruta 27 hacia Caldera se encuentra en la zona de estudio (Figura 4), y ha significado una mejora sustancial de tiempos de viaje y accesibilidad a la región del Pacífico Central; en la sección que atraviesa el Cantón de Alajuela existen 4 intercambios para acceder a la autopista; La Reforma, La Guácima, Siquiaries y Turrúcares. Asimismo existe otra vía de comunicación en la parte media de la cuenca la cual es la Radial al Coyol que comunica el intercambio de Siquiaries con el intercambio del Coyol en la Ruta 1, habilitada en junio 2012.



**Figura 4. Ruta 27 hacia Caldera se encuentra en la zona de estudio, Alajuela.**

Fuente. Álvarez 2016

La Ruta 1 es la más importante del país en términos de transporte de personas y mercaderías ya que atraviesa Alajuela de este a oeste para fines movilidad de viajes interurbanos entre Alajuela y San José y viajes interregional entre la Zona Norte, Pacífico Central, Pacífico Norte y San José. Dicha ruta enlaza a la principal del aeropuerto (Juan Santamaría) y el segundo puerto marítimo (Caldera) con el resto del país (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

**Cuadro 1. Distritos pertenecientes a la cuenca del río Siquiaraes, Alajuela**

<b>Distrito</b>	<b>Altitud (m)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<b>Turrúcares</b>	638	35.94	09°57'39"	84°19'16"
<b>San Antonio</b>	870	8.68	09°59'59"	84°13'27"
<b>Alajuela</b>	952	8.88	10°01'05"	84°12'57"
<b>La Garita</b>	693	33.41	09°59'37"	84°19'23"
<b>Barrio San José</b>	882	14.57	10°00'48"	84°14'39"

FUENTE: IFAM- División Territorial de Costa Rica, citado por la Municipalidad de Alajuela 2012.

## **5.2. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E HIDROLÓGICAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO SIQUIARES:**

Las características físicas de una cuenca tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella (Velázquez 2016); la morfometría permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento del sistema hidrológico de una región y además sirve como análisis espacial ayudando en el manejo y planeación de los recursos naturales (Fuentes 2004).

En este caso se presentará el estudio de las características morfométricas de la microcuenca del río Siquiares.

### Parámetros asociados a la forma de la microcuenca

Área (A):1725 hectáreas, es un cuenca pequeña.

Perímetro (P):45662.07 m

Longitud de la Cuenca (L):13349 m

Ancho de la Cuenca (B):1292.5 m

Orientación: suroeste

Factor de Forma de Horton (Kf):0.096, cuenca alargada

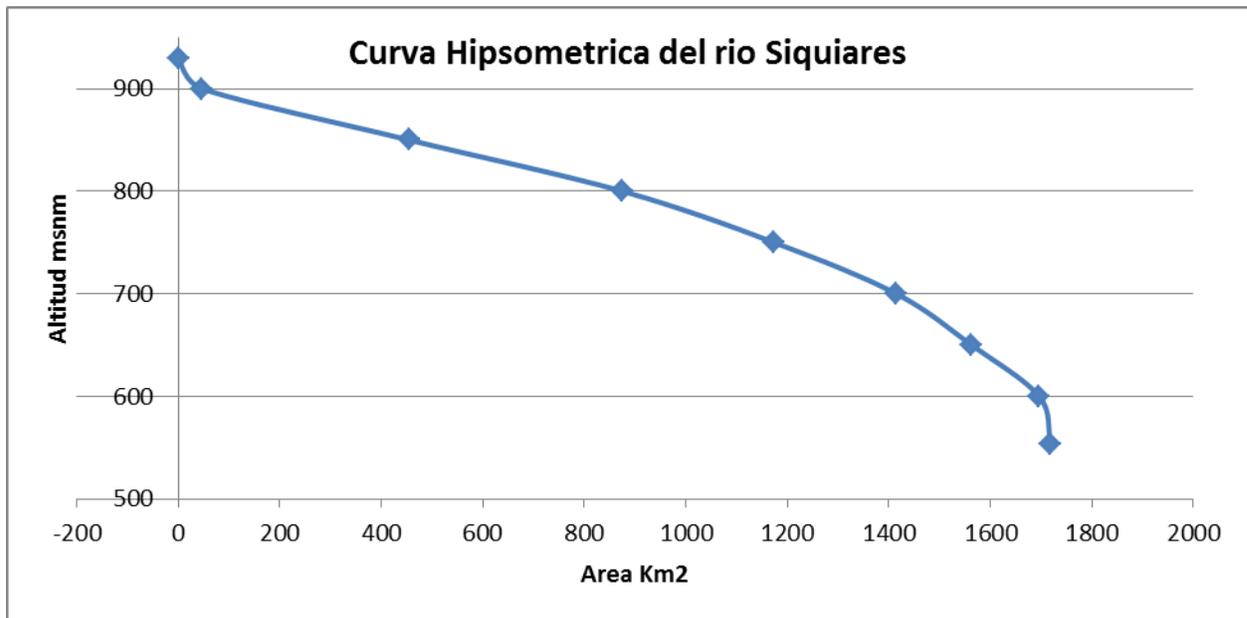
Coefficiente de Compacidad de Gravelius (kc): 3.01

Compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio el índice de compacidad es de 3.01 lo que la clasifica como una cuenca rectangular alargada.

Radio de Elongación (Re): 0.4 es una cuenca alargada y plana.

### Parámetros relativos al relieve

Curva Hipsométrica: esta es la curva hipsométrica del río Siquiares que, representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud, la curva caracteriza el relieve de la microcuenca (figura 5).



**Figura 5. Curva Hipsométrica del río Siquiares**

Elevación media: 785.168 msnm

### Parámetros relativos al perfil

Pendiente promedio del cauce: 6.2%, la microcuenca del río Siquiares presenta pendientes moderadas y bajas en toda el área de drenaje.

Longitud del cauce principal: 12, 68 km, este parámetro es la medida del escurrimiento principal de la cuenca desde la parte alta hasta la parte baja y el valor que se obtuvo puede clasificarse como alto. Este valor se obtuvo del mapa, y determina el tiempo de concentración.

Pendiente media del cauce principal: en el caso del río Siquiáres las pendientes son suaves.

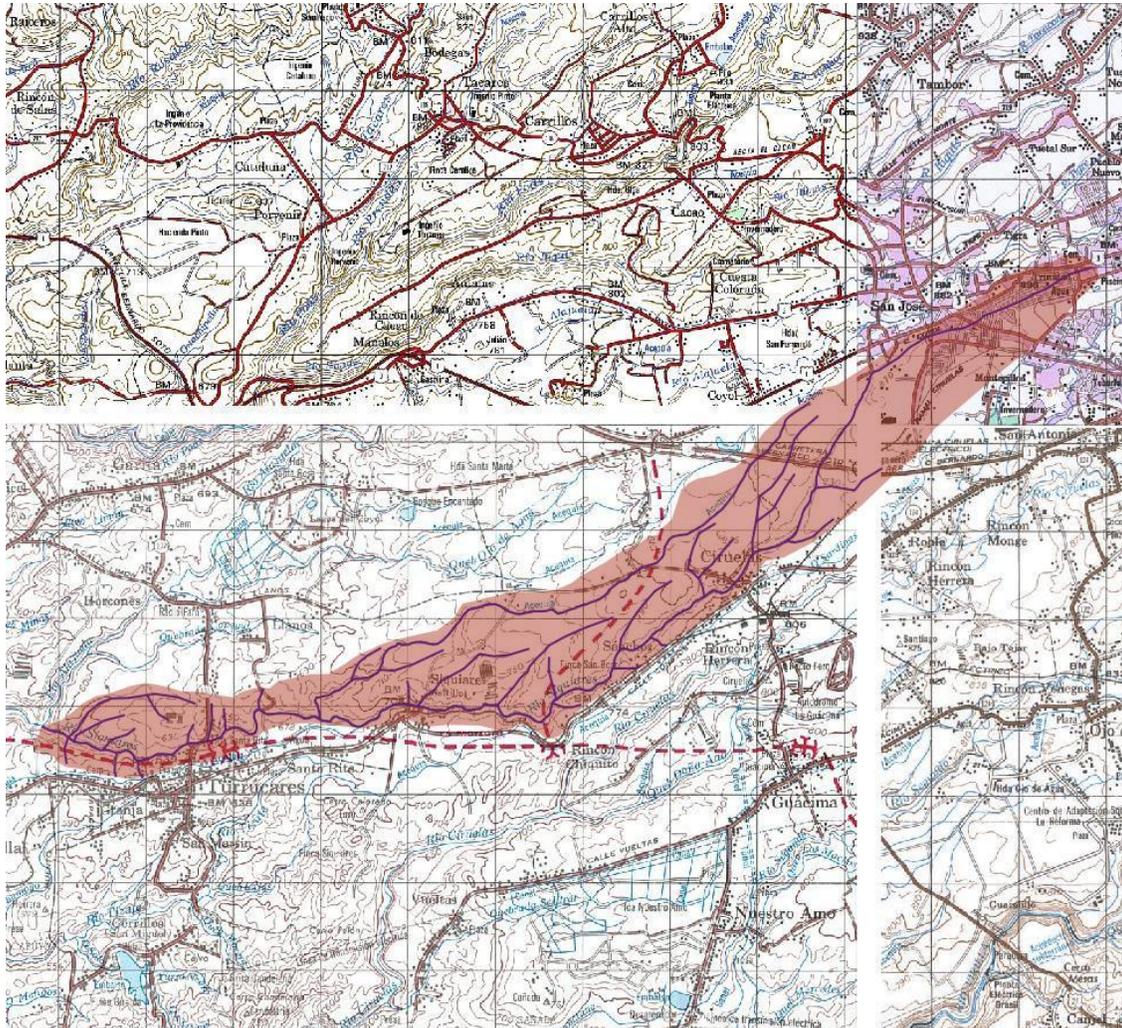


Figura 6. Mapa de drenajes de la microcuenca del río Siquiáres

La red fluvial de la microcuenca del río Siquiaries (figura 6) posee un orden 3, está conformada por el cauce principal del río Siquiaries con una longitud de 13.4 km, nace de la unión de la Quebrada Lagunilla y Siquiaries, siguiendo un curso rectilíneo con rumbo suroeste, pasando por las comunidades del Coyol y Ciruelas, al llegar a Siquiaries adopta un rumbo oeste (Mena 2015).

En el río Siquiaries afloran cuatro nacientes principales: Cebadilla, San Miguel, Santa Rita y Siquiaries, estas se ubican en la parte baja de la microcuenca, cerca de Turrucares y Siquiaries. La red fluvial está conformada con una serie de quebradas como Lagunilla, Siquiaries, Los Llanos y Saltillo (Mena 2015).

### **Síntesis: de las características de ubicación, morfométricas e hidrológicas de la cuenca.**

En relación a los parámetros del perfil, la microcuenca cuenta con una longitud del cauce principal de 12.68 km y está determinada por la pendiente, este dato indica que a mayor longitud mayor será el tiempo de concentración.

La elevación media representa el cociente entre el volumen de la cuenca, y su superficie. El volumen de la cuenca corresponde a la superficie comprendida entre la curva hipsométrica y los ejes coordenados. Conforme se eleva el relieve por encima de la altura mínima de la cuenca se tiene una elevación media mayor, mientras que esta disminuye cuando se dan pocas variaciones de altitud en el relieve (Oreamuno y Fernández 2009). Así mismo se obtuvo una elevación media de 785.168 msnm, la cual indica la distribución espacial del escurrimiento.

La microcuenca cuenta con un área de 1725 hectáreas se puede considerar una cuenca relativamente pequeña y con poca capacidad para coleccionar agua y con un menor volumen.

También posee un factor de forma bajo, lo cual significa que es una cuenca alargada y está sujeta a crecientes de menor magnitud.

La densidad de drenaje para la microcuenca del río Siquiaries presenta un valor de 1,7 la cual se categoriza como alto ( $>1$ ), y significa que habrá una respuesta rápida de la cuenca ante una tormenta (Oreamuno y Fernández 2009).

Mediante el índice de compacidad se puede clasificar la cuenca por su forma, la forma de la cuenca es un indicador de la manera como se distribuyen temporalmente los hidrogramas de precipitación y de cómo escurre el agua en la cuenca (Oreamuno y Fernández 2009).

Así mismo el coeficiente de compacidad obtuvo un valor bajo y compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en

estudio el índice de compacidad es de 3.01 lo que la clasifica como una cuenca rectangular alargada.

De acuerdo con los parámetros de relieve, específicamente la curva Hipsométrica se observa que la microcuenca del río Siquiaries tiene pendientes moderadas y bajas en toda el área de drenaje.

### 5.3 Características biofísicas

#### 5.3.1. Características climáticas:

La microcuenca del río Siquiaries presenta cerca de su confluencia la zona de vida denominada bosque húmedo pre montano transición a basal cuyo rango de *precipitación anual* es de 1 500 mm a 3000 mm (figura 5), con una biotemperatura media que varía entre 24 °C y 24,5 °C, mientras que la temperatura media es entre 22 °C a 26 °C (figura 7 y 8).

Sus demás características son similares a las del bosque húmedo premontano. Este es un bioclima muy atractivo para el asentamiento humano y probablemente la zona de vida más apreciada del país debido a su clima.

Es también un excelente bioclima para el desarrollo de las actividades de uso de la tierra (Fernández y Oreamuno, 2009).

Para brindar información sobre la precipitación y temperatura de la microcuenca del río Siquiaries se puede tomar como referencia los datos de la estación Juan Santa María de la provincia de Alajuela (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Promedios de datos climáticos mensuales, periodo 1999-2014, estación Juan Santa María. Alajuela**

Mes	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)	Lluvia (mm)	Días con lluvia (mm)
	Max.	Min.	Med.			
<b>ENE</b>	28.2	18.5	23.4	63	9.1	2
<b>FEB</b>	29.0	18.5	23.8	61	13.3	2
<b>MAR</b>	29.9	18.7	24.3	61	17.7	4
<b>ABR</b>	30.2	19.2	24.7	66	68.7	9
<b>MAY</b>	28.8	19.0	23.9	79	255.4	21
<b>JUN</b>	28.3	18.9	23.6	82	218.9	22
<b>JUL</b>	28.3	19.1	23.7	78	144.8	19
<b>AGO</b>	28.3	18.7	23.5	80	224.8	21
<b>SEP</b>	27.8	18.2	23.0	85	316.9	25
<b>OCT</b>	27.2	18.4	22.8	87	299.7	25
<b>NOV</b>	27.3	18.4	22.8	79	148.5	17
<b>DIC</b>	27.8	18.4	23.1	70	29.4	7

Fuente: Instituto Meteorológico, 2016

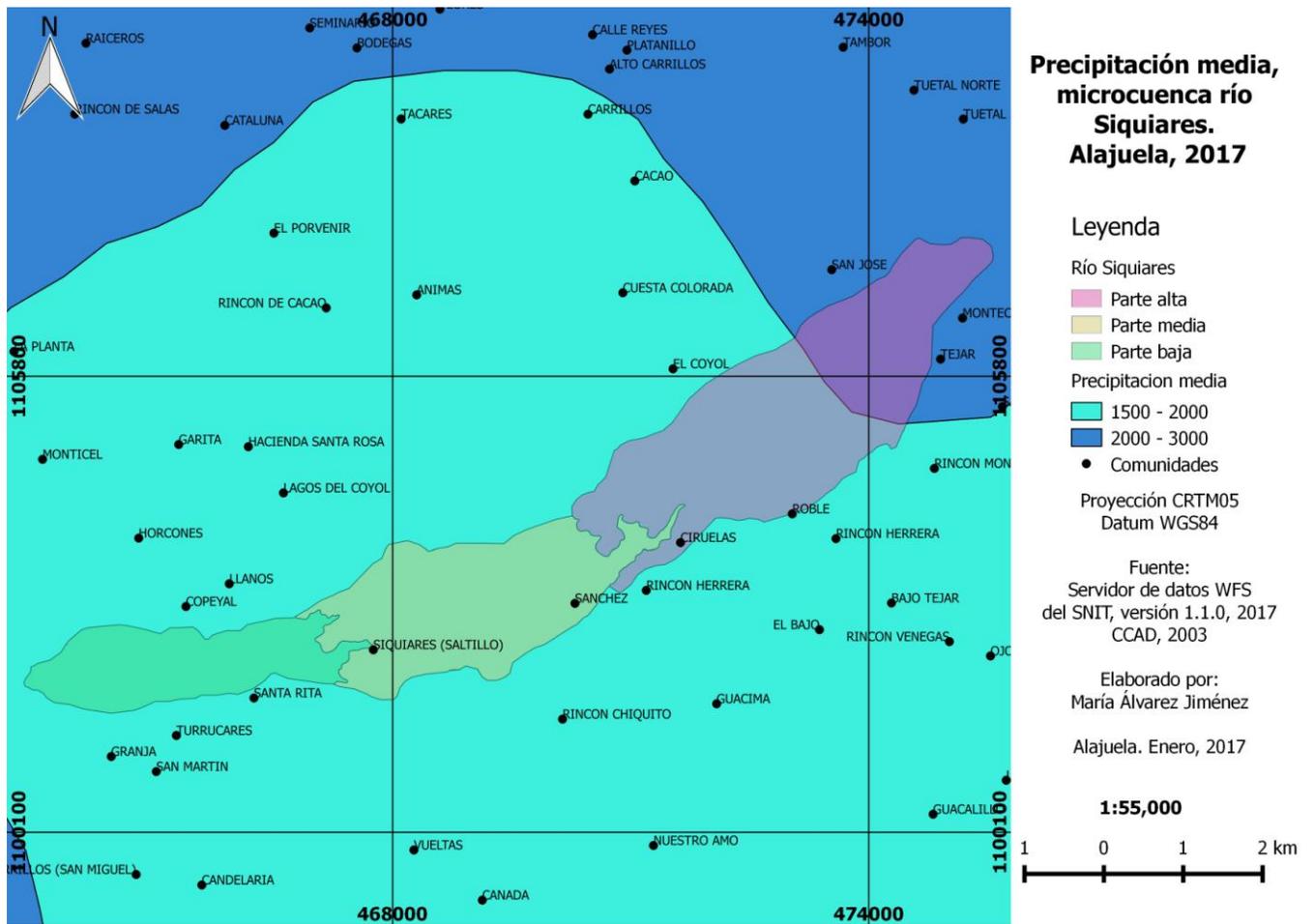


Figura 7. Mapa precipitación media anual

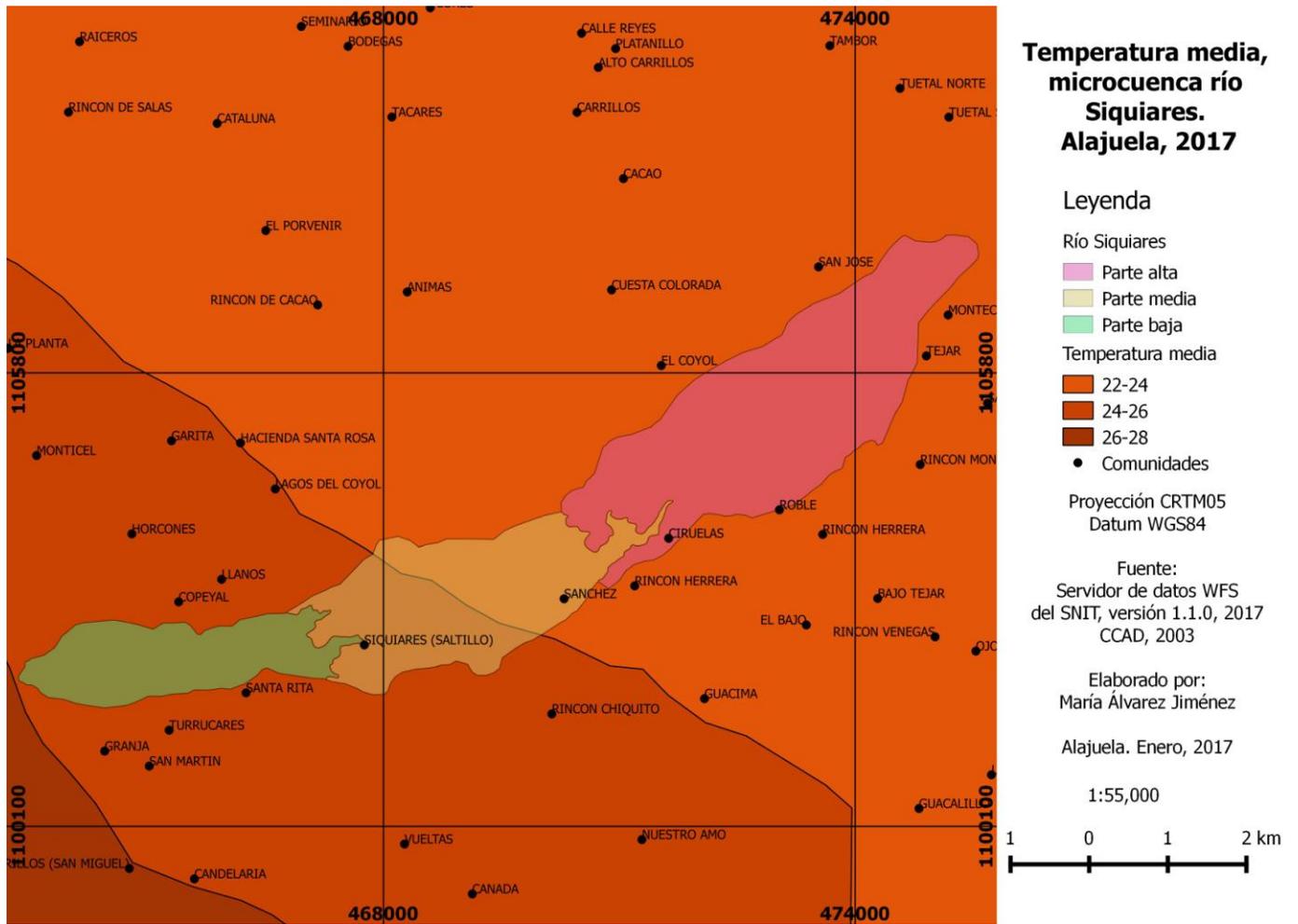


Figura 8. Mapa temperatura media

**5.3.2. Fisiografía:** el origen de la microcuenca del río Siquiaries es volcánico, y se le denomina relleno volcánico del valle central y su forma es de origen volcánico, en este caso se realizó el mapa fisiográfico y la unidad de estudio pertenece a una sola categoría y muestra poca variabilidad geográfica (Figura 9).

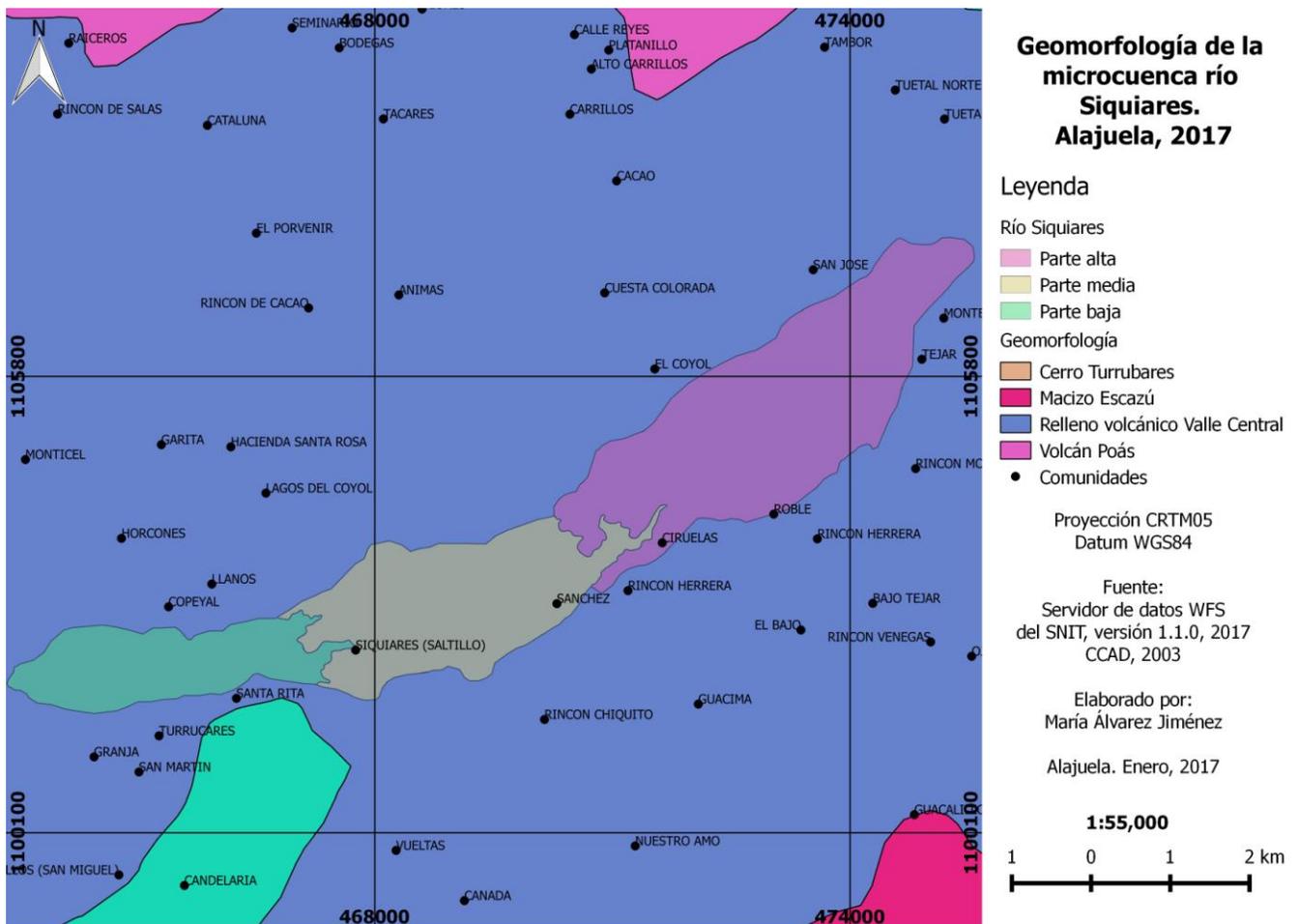


Figura 9. Mapa de la geomorfología

### 5.3.3. Topografía y pendiente

En la parte norte hacia la zona central de la provincia de Alajuela hay un cambio en la topografía, los distritos de Alajuela, Barrio San José y San Antonio presentan pendientes menores y hay una concentración de la población, servicios, comercio, centros educativos, entre otros, dejando menos porcentaje de área permeable.

Al sur del cantón las pendientes continúan siendo bajas, y se dan diversos usos, como el establecimiento y ampliación de industrias (sobre todo en la zona de San Rafael, Ciruelas, Coyol), la zona agrícola (Guácima, Garita, Turrúcares), la zona residencial.

En relación con las pendientes la mayor parte del cantón está conformada por relieve plano (117,79 km<sup>2</sup> – 30%). La mayoría de las pendientes de la microcuenca en la parte alta y media son relativamente planas (Figura 10).

De acuerdo con las características topográficas la zona Industrial de Alajuela se caracteriza por una de las topografías más plana dentro del Anillo de Contención Urbano de la GAM.

Las tierras situadas fuera de él se caracterizan por pendientes escarpadas y están ocupadas por usos agrícolas y de protección que además no brindan centralidad ante los mercados ni cuentan con redes de servicio bien desarrolladas y una red vial apta para el transporte pesado (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

De acuerdo a la descripción se puede mencionar que el comportamiento de la microcuenca del río Siquiaries es muy similar a la descripción de cantón de Alajuela en la parte media y baja de la cuenca por su mayoría de sitios con relieve plano.

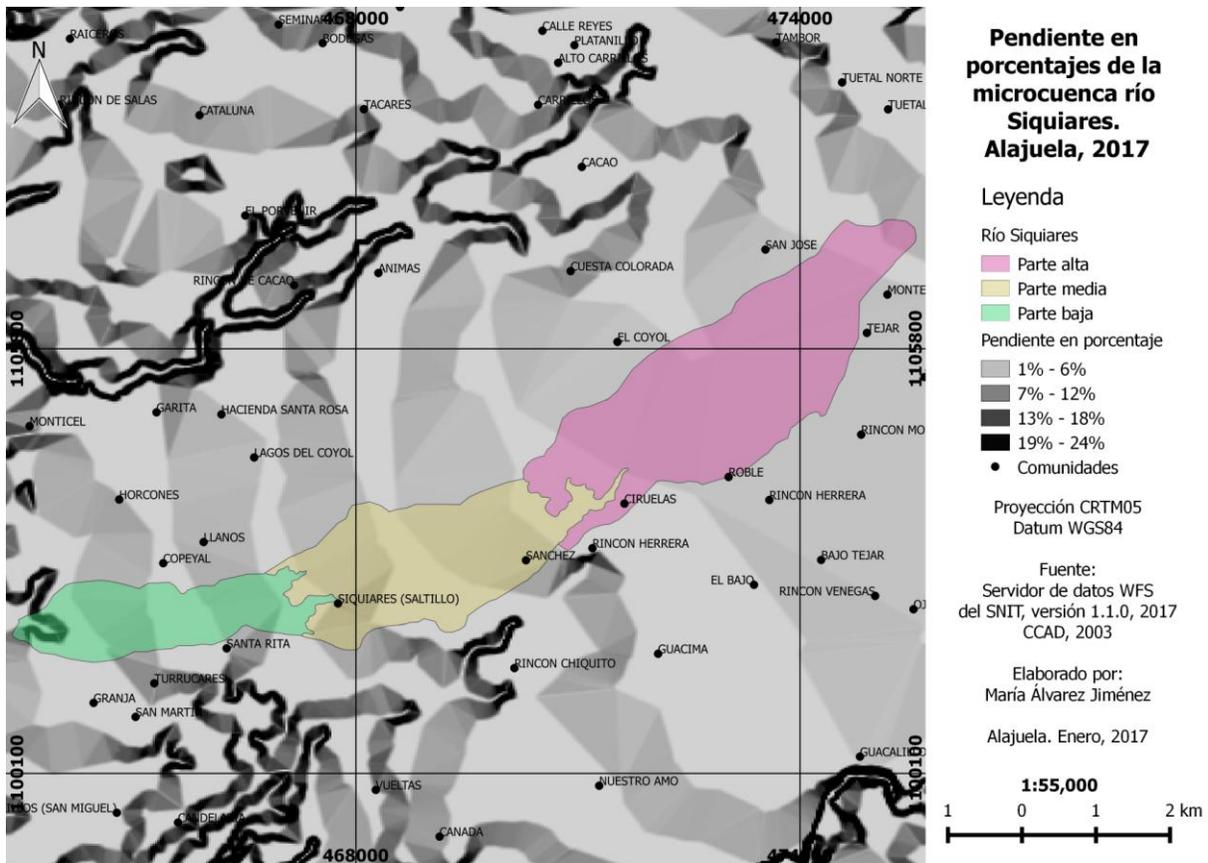


Figura 10. Mapa de pendientes

### 5.3.4. Geología

La microcuenca en estudios es de la edad del cuaternario de fases volcánicas, con rocas volcánicas recientes (figura 11), está compuesta por coladas de lava, aglomerados, lahar y

ceniza volcánica y tiene rocas volcánicas intrusivas someras, así mismo tiene zonas de importancia hídrica enfocadas en aguas subterráneas. El cantón de Alajuela está constituido geológicamente por materiales de los períodos Terciario y Cuaternario; siendo las rocas volcánicas del Cuaternario las que predominan en la región. Del período Terciario se encuentran rocas de origen sedimentario y volcánico de la época Mioceno. Las sedimentarias están agrupadas bajo el nombre de formaciones Pacacua y Turrúcares, la formación Pacacua, corresponde a una secuencia de materiales, constituida por interestratificaciones de conglomerados brechosos y areniscas conglomeráticas, areniscas, limolitas y lutitas, todas tobáceas, en algunas partes con coloraciones moráceas, la cual se sitúa en el sector próximo a la unión de Quebrada Gemela al río Virilla.

La Formación Turrúcares, está constituida por areniscas conglomeráticas y capas de conglomerado fosilífero, calizas, tufitas, ignimbritas y lavas basálticas, la cual se ubica en una franja entre finca Siquirres y las nacientes de Quebrada Gemela. Las rocas volcánicas están representadas por el grupo Aguacate, el cual está compuesto principalmente por coladas de andesita y basalto, aglomerado, brechas y tobas, localizadas en una franja entre los cerros Colorado y Divinsa, lo mismo que en la margen este del curso inferior del río Grande.

De los materiales del período Cuaternario se localizan rocas de origen volcánico, de las épocas Pleistoceno y Holoceno; que a la primera pertenecen a Lahares sin diferenciar, ubicados al norte del cantón a partir de villa San Miguel. La mayoría de la microcuenca está compuesta por las rocas del Holoceno que corresponden a edificios volcánicos recientes y actuales, y Piroclásticos asociados, los cuales se sitúan al sur de los Lahares, hasta el sector entre los poblados Tacacorí y Guadalupe; y a materiales volcánicos, tales como lavas, tobas y piroclastos, que cubren la mayor superficie del cantón, ubicados al sur de la región (Guías de Costa Rica 2013).

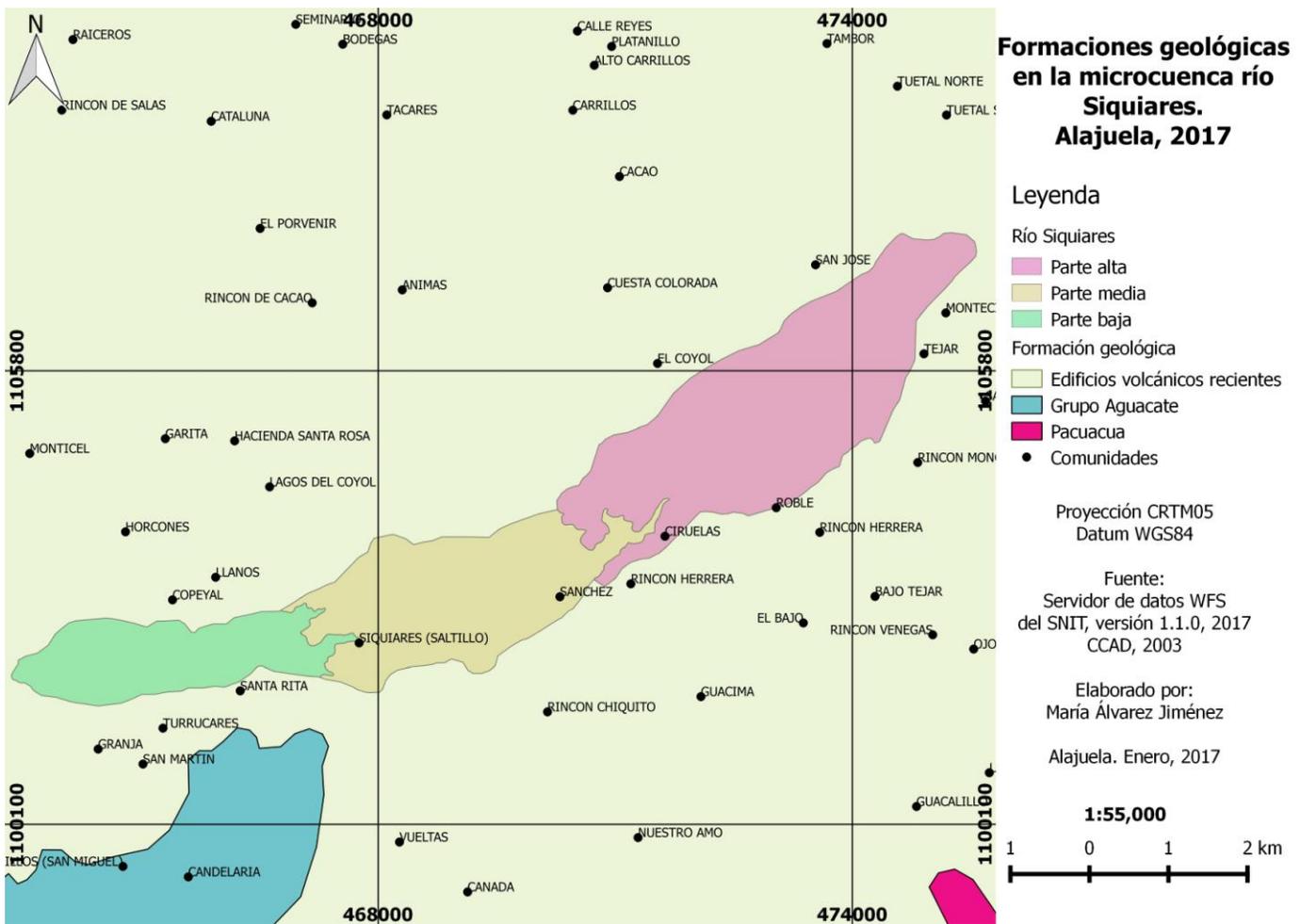


Figura 11. Mapa de formaciones geológicas

### 5.3.5. Suelos

La microcuenca del río Siquiaries está compuesta en la parte alta por suelos tipo inceptisoles y andisoles, en la parte media tiene suelos tipo vertisoles y en la parte baja suelos tipo ultisoles (Figura 12).

Los Andisoles o suelos derivados de materiales volcánicos se encuentran ubicados en el Valle Central, en este tipo de orden se han establecido la producción de café como actividad agrícola importante en el país. Se pueden considerar como suelos bien enriquecidos nutricionalmente (Henríquez *et al*/s.f)

Así mismo el orden de suelos de los inceptisoles se encuentra en menor proporción en la microcuenca del río Siquiaraes, y parte de ellos se encuentra en zonas ligeramente onduladas y planas.

Los suelos de órdenes vertisoles se encuentran en las zonas planas y depresionales del Pacífico Seco de Costa Rica, en el cual la duración de la estación seca es de 4 a 6 meses, su extensión es muy limitada en el país y Ciruelas forma parte de ellos, la cual pertenece a la microcuenca del río Siquiaraes.

Dichos suelos son intensamente utilizados en agricultura, y en el Valle Central están siendo incluidos en desarrollo urbanísticos, y esto es muy característico de lo que está ocurriendo en la microcuenca.

Los ultisoles son órdenes de suelos pertenecen los suelos más viejos y meteorizados del país, presentan problemas nutricionales acentuados. También abarca un área aproximada de 21% en el país; y no todos están en uso y, por lo general, se consideran de integración marginal a la producción agropecuaria. Durante la expansión ganadera de los años setenta, estos suelos fueron los más utilizados en pastos para la producción de ganado de carne, considerándose ésta como una práctica degradativa que por abandono posterior de los potreros, ha conducido a la sucesión de charrales, tacotales y bosques secundarios (Henríquez *et al/s.f*).

Es posible definir al menos 7 zonas; empezando por el extremo suroeste del cantón en los distritos de San Rafael, Guácima, Turrúcares y Garita se tienen principalmente pastos, contrastados con centros poblacionales, algunas industrias, actividades pecuarias y turísticas.

Un poco más al norte hacia el este, se encuentra el sector urbano; con las zonas comerciales, residenciales, mixtas, el aeropuerto y grandes fábricas y depósitos, un sector cubierto por múltiples superficies impermeabilizantes que modifican circunstancialmente el patrón de escorrentía (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

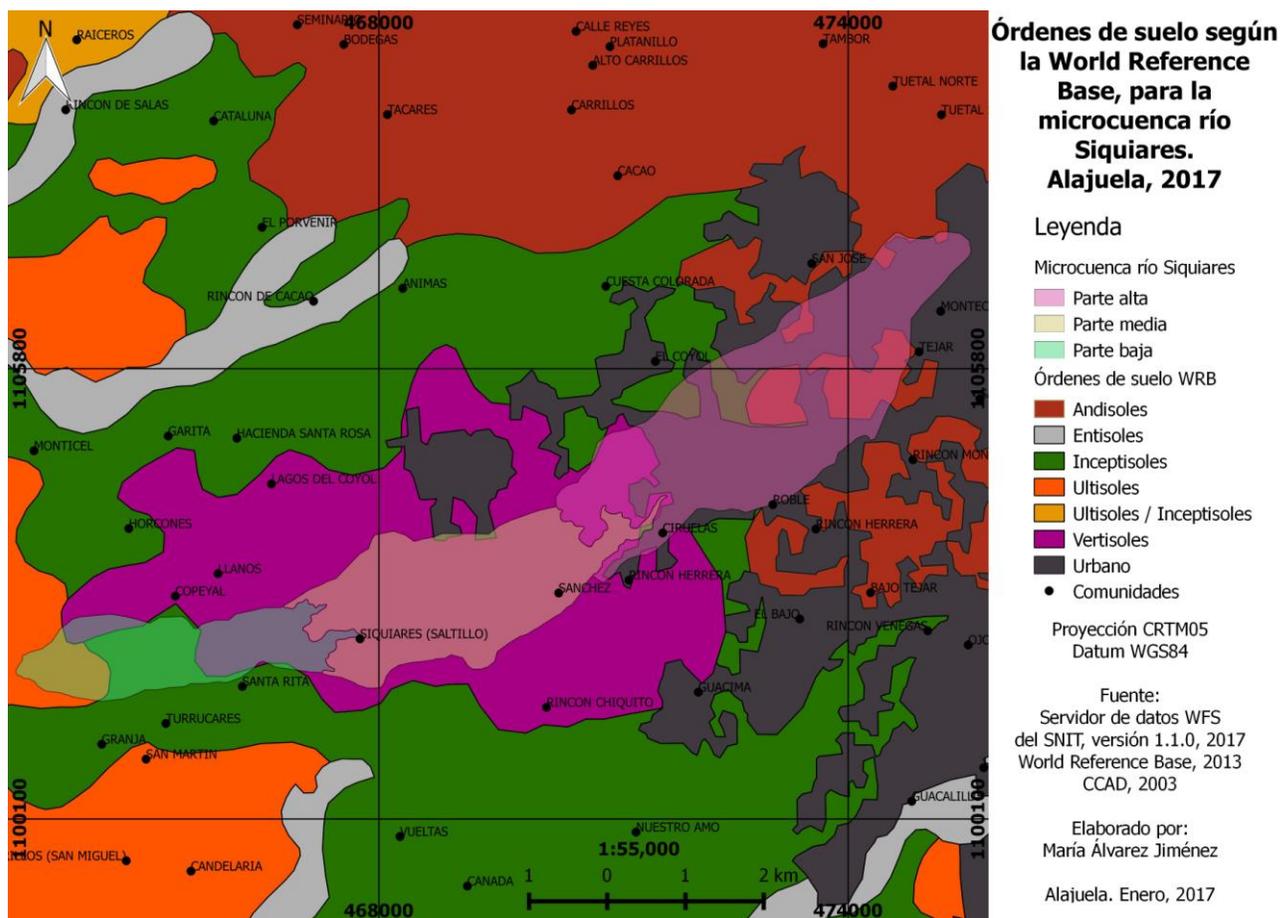


Figura 12. Mapa de órdenes de suelo

### 5.3. 6. Uso actual , capacidad de uso y conflictos

#### Uso Actual

La parte alta de la microcuencía se encuentra las zonas comerciales de alta y media densidad, así mismo las zonas industriales. También en esa parte se ubica el centro de la ciudad de Alajuela que se caracteriza por su cobertura impermeable hasta casi el 100 %. En la parte media de la microcuencía se ubica la segunda zona industrial y en la parte baja se concentra la mayor parte de cobertura impermeable, a pesar que se observa un desarrollo en algunos sitios.

La cobertura boscosa se concentra en la parte baja cerca del río Siquiaries en su mayoría parche boscoso.

En relación al uso actual del suelo de la microcuencía, la zona industrial, compuesta principalmente por parte del distrito de San José, el norte de los distritos de La Garita y San Antonio, caracterizada especialmente por el desarrollo de parques industriales, zonas francas,

agencias de servicios aduanales y de desalmacenaje, así como la parte de San Rafael que se encuentra más ligada a la zona industrial de Belén.

La zona sureste y suroeste del cantón, especialmente la parte de los distritos de Turrúcares, Guácima, San Rafael y la Garita, se caracteriza por ser de carácter más rural, desarrollo de actividades agrícolas, desarrollo de comercios y servicios menos concentrados que en la zona central, y algunas zonas con potencial desarrollo industrial (figura 13).

El desarrollo urbano del cantón de Alajuela, ha cambiado significativamente el uso del suelo, mucha área de uso agropecuario pasó a ser de uso urbano incrementando así la participación de los sectores comerciales y de servicios, y en los últimos 20 años del sector industrial.

En la zona de Turrúcares se concentra la mayor cantidad de pastizales del cantón, existe una importante producción de hortalizas en invernaderos en el distrito de San Antonio (figura 13).

Dentro del territorio del cantón de Alajuela se ubican varias empresas que se dedican a la producción de plantas ornamentales en invernaderos para la exportación, especialmente de esquejes, una de ellas en el distrito de Alajuela y La Garita ubicadas estratégicamente en las proximidades del aeropuerto internacional Juan Santamaría (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

En los últimos años se ha acelerado el crecimiento industrial y urbanístico en alrededores de la zona y en Turrúcares y el Coyol de Alajuela, específicamente con el desarrollo de condominios para clase media y alta y ha abarcado gran parte de estas áreas (figura 15).

Alrededor de una 50% de la microcuenca está compuesta por área de pastos en la parte baja se recomienda implementar prácticas de manejo de pastos mejorados y sistemas silvopastoriles para aumentar la cobertura boscosa (cuadro 3)

**Cuadro 3. Uso del suelo de la microcuenca del río Siquiares**

<b>Uso del suelo</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Bosque	8.28	0.47
Charrales y tacotales	166.84	9.66
Cultivo variado	280.42	16.29
Pastos	919.94	53.31
Urbano	349.87	20.27
Total	1725.35	100

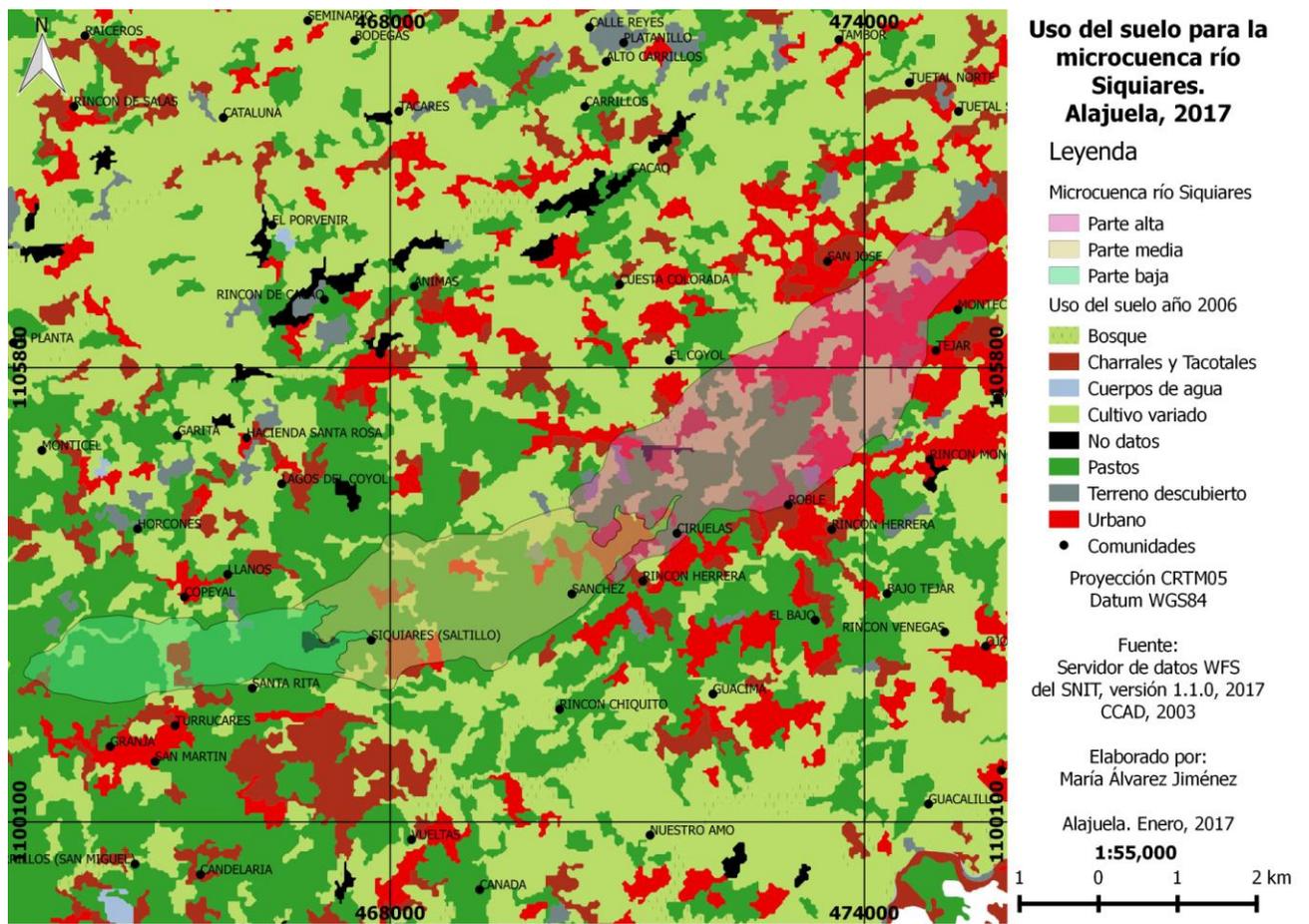


Figura 13. Mapa de uso del suelo



Figura 14. Área dedicada a pastos en el distrito de Turrúcares, Alajuela

Fuente. Álvarez 2016



Figura 15. Desarrollo industrial en la parte baja de la cuenca del río Siquiaraes, Alajuela.

Fuente. Álvarez 2016

### **Capacidad de uso del suelo**

De acuerdo a la capacidad de uso del suelo de la microcuenca, la parte alta se clasifica en la clase III y IV y la parte media y baja está compuesta por la clase III en su mayoría (figura 16).

De acuerdo al MAG (1995) la clase III presenta limitaciones moderadas solas o combinadas, que restringen la elección de los cultivos o se incrementan los costos de producción.

Para desarrollar los cultivos anuales se requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua.

Entre las limitantes presentes en esta clase están: relieve moderadamente ondulado, erosión sufrida leve, suelos moderadamente profundos, texturas en el suelo y subsuelo finas o moderadamente gruesas, moderadamente pedregosos, fertilidad media, toxicidad moderada, salinidad leve, drenaje moderadamente excesivo o moderadamente lento, riesgo de inundación moderado, zonas de vida seca o muy húmedas, con periodo seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento moderada (MAG 1995).

Para el caso de la clase IV, las tierras presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas, que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente.

Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas, excepto de climas pluviales, donde este tipo de cultivo no es recomendable.

Las limitaciones se pueden presentar solas o combinadas son: relieve ondulado, erosión sufrida moderada, suelos moderadamente profundos, texturas en el suelo y en el subsuelo muy

finas o moderadamente gruesas, pedregosos, fertilidad media, toxicidad moderada, salinidad leve, drenaje moderadamente lento o moderadamente excesivo, riesgo de inundación moderado, zonas de vida seca, muy húmedas y pluviales, con periodo seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento moderada (MAG 1995).

### Uso conforme y no conforme del suelo

La microcuenca del río Siquiaries presenta un 90% de uso conforme y un 9.62 % de uso no conforme (cuadro 4) lo cual indica que la mayoría del uso del suelo no está degradado y muy poco si lo está. El uso no conforme de suelos se refiere a cuando se hay una subutilización del mismo (Figura 17).

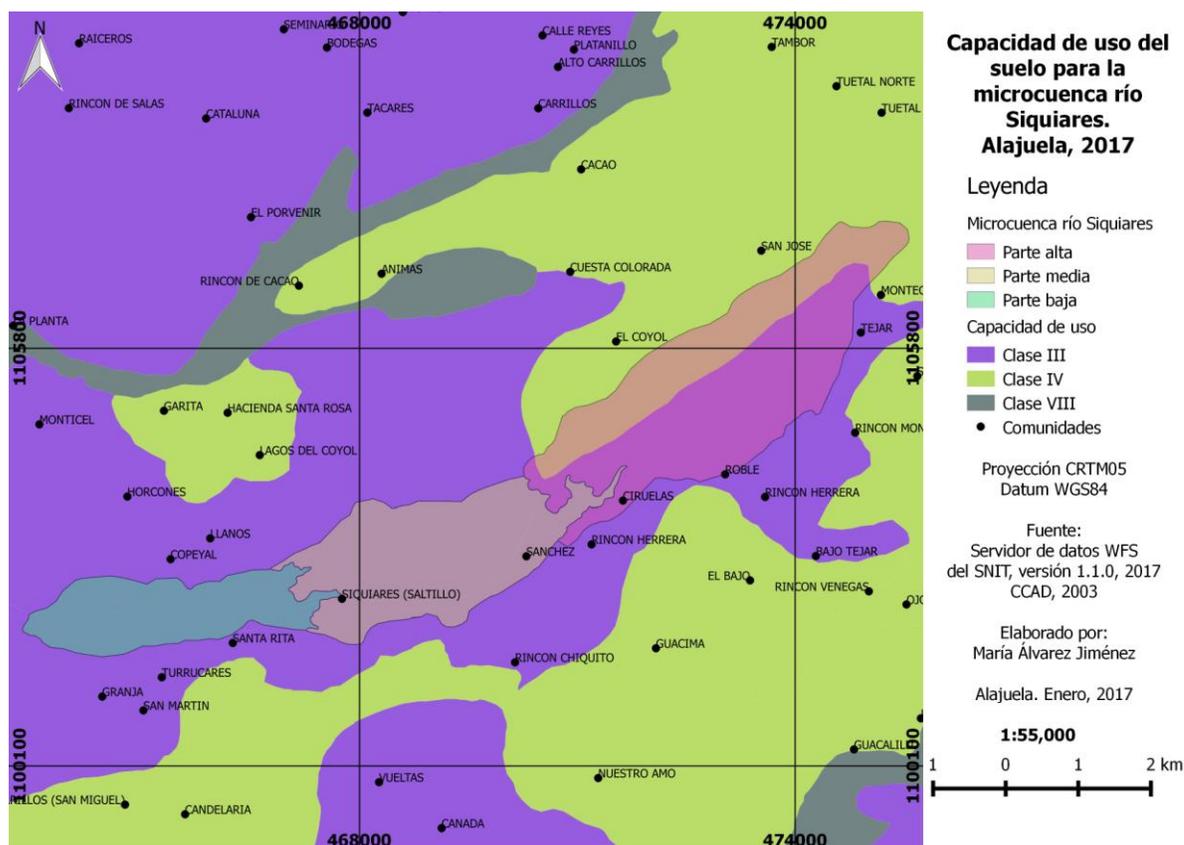


Figura 16. Mapa de capacidad de uso del suelo

**Cuadro 4. Uso conforme y no conforme del suelo de la microcuenca del río Siquiaries**

Uso	ha	%
Conforme	1559.48	90.38
No conforme	165.87	9.62
Total	1725.35	100

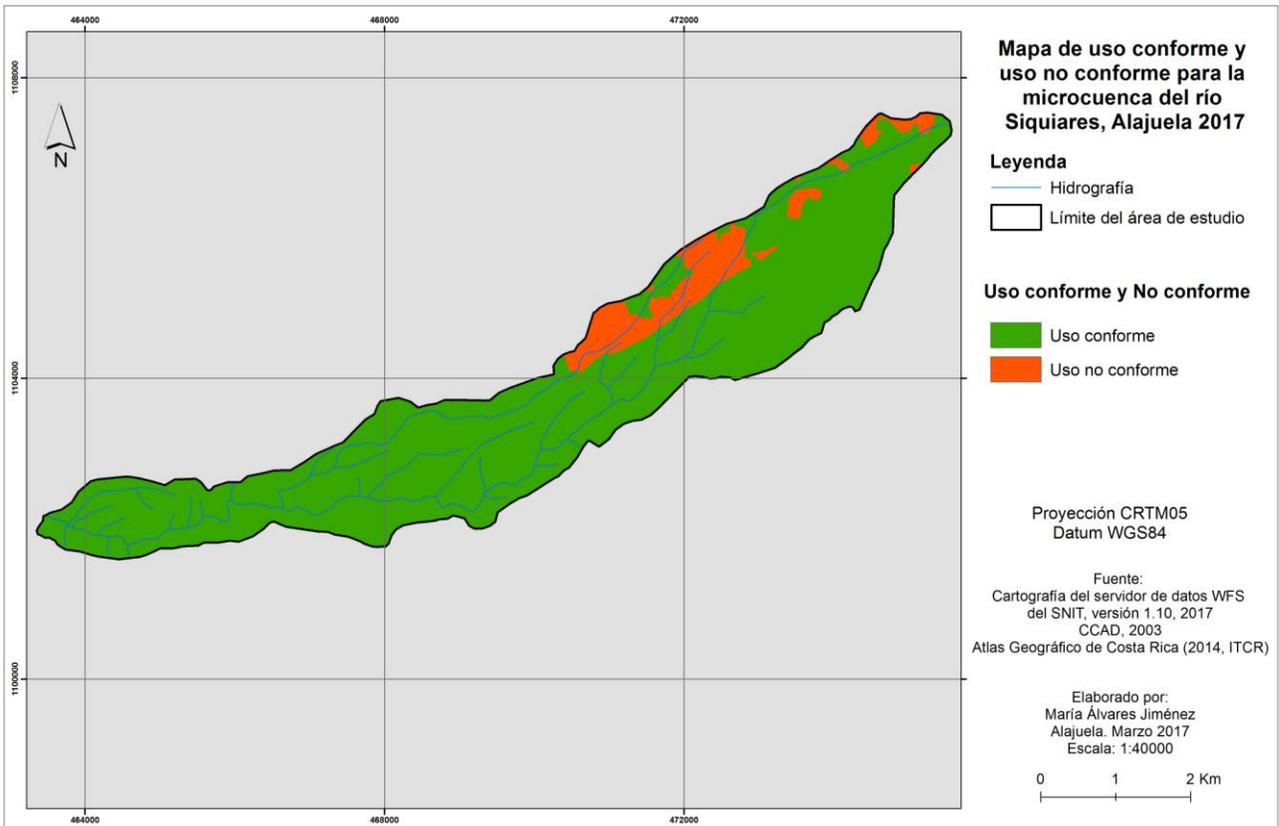


Figura 17. Mapa de conflictos de uso del suelo

### 5.3.7. Erosión

Con respecto al grado de erosión que presenta el área de estudio, en su mayoría (627.64 hectáreas) (Figura 18) se clasifica con un grado de erosión baja, y en la categoría de erosión alta afecta solo 286.97 hectáreas, y dentro de causas se pueden mencionar las condiciones climáticas como la lluvia, viento, también la poca cobertura vegetal y el pastoreo (cuadro 5).

Unido a ello, Jiménez (s.f) menciona que el uso no conforme de la tierra produce erosión de suelos y degradación de los terrenos y genera pérdidas al país. Y esto puede estar ocurriendo en la microcuenca.

**Cuadro 5. Erosión del suelo de la microcuenca del río Siquiaries, según la metodología RUSLE.**

EROSIÓN DEL SUELO (Ton/ha/año)	GRADO DE EROSIÓN	ha
< 10	MUY BAJA	260.17
10-50	BAJA	627.64
50-100	MODERADA	296.42
100-200	ALTA	286.97
> 200	MUY ALTA	254.15
Total		1725.35

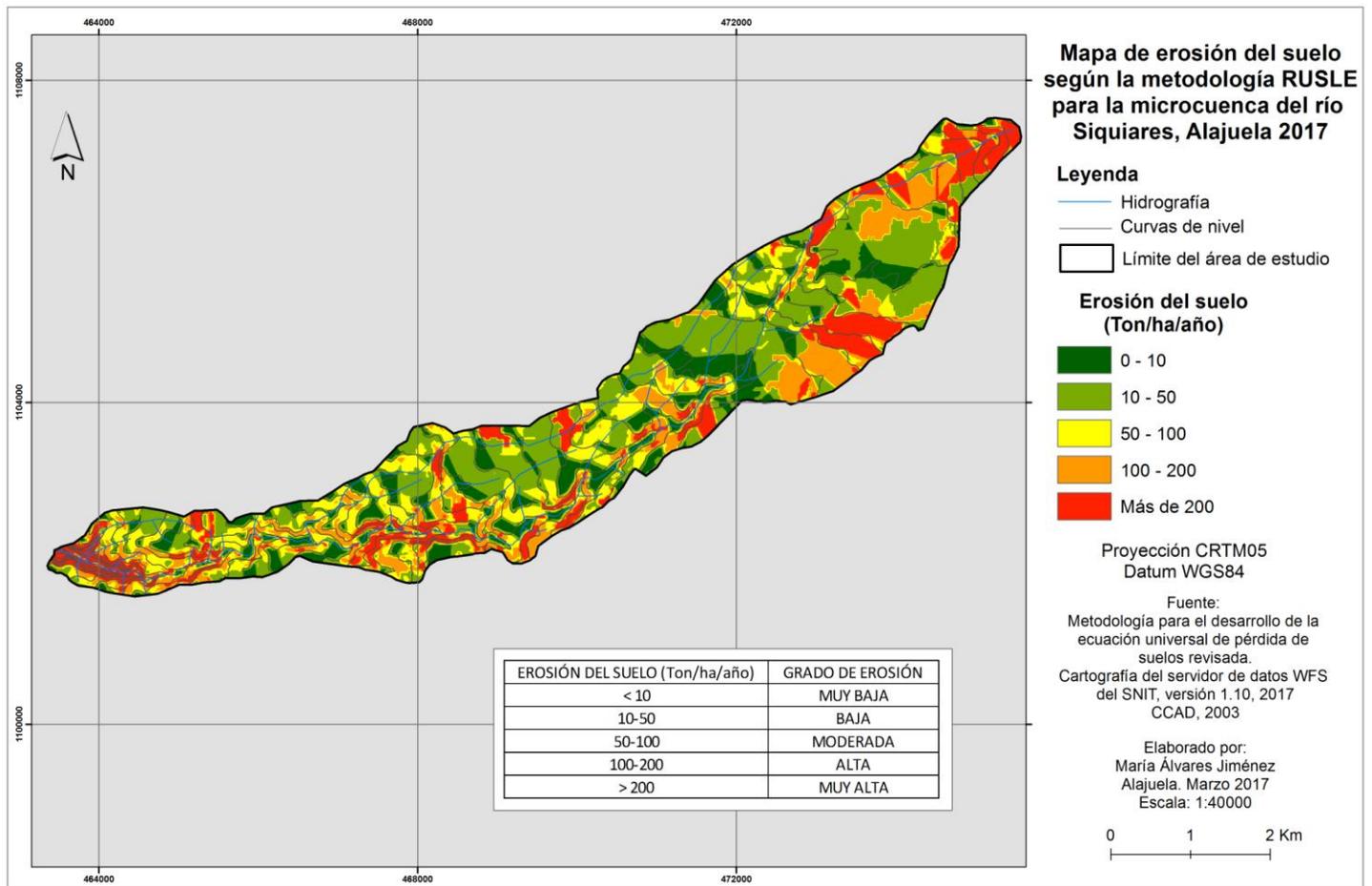


Figura 18. Mapa de Erosión

### 5.3.8. Principales amenazas naturales

En relación a las amenazas naturales la microcuenca del río Siquiaries presenta en su mayoría una probabilidad baja de inundación (figura 19).

De acuerdo al Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023 indica que los distritos de San Antonio y Barrio San José se ubican en zonas con pocas amenazas

Solo el distrito de Turrúcares es más propenso a las amenazas naturales debido a sus características biofísicas.

De acuerdo a las amenazas hidro meteorológicas, el río Ciruelas se considera como un rio que tiene un riesgo de inundación en el sector de San Antonio en sitios de ocupación de las planicies de inundación de los ríos con asentamientos humanos

Con respecto a las amenazas sísmicas hacia el sur del cantón de Alajuela, se localiza un sistema de fallas en el sector de La Garita de Alajuela, El Coyol y Turrúcares.

Esta amenaza ha causado daños importantes en la ciudad de Alajuela y poblaciones hacia el sur, y una de ellas fue el distrito de Turrúcares, perteneciente a la microcuenca del rio Siquiares.

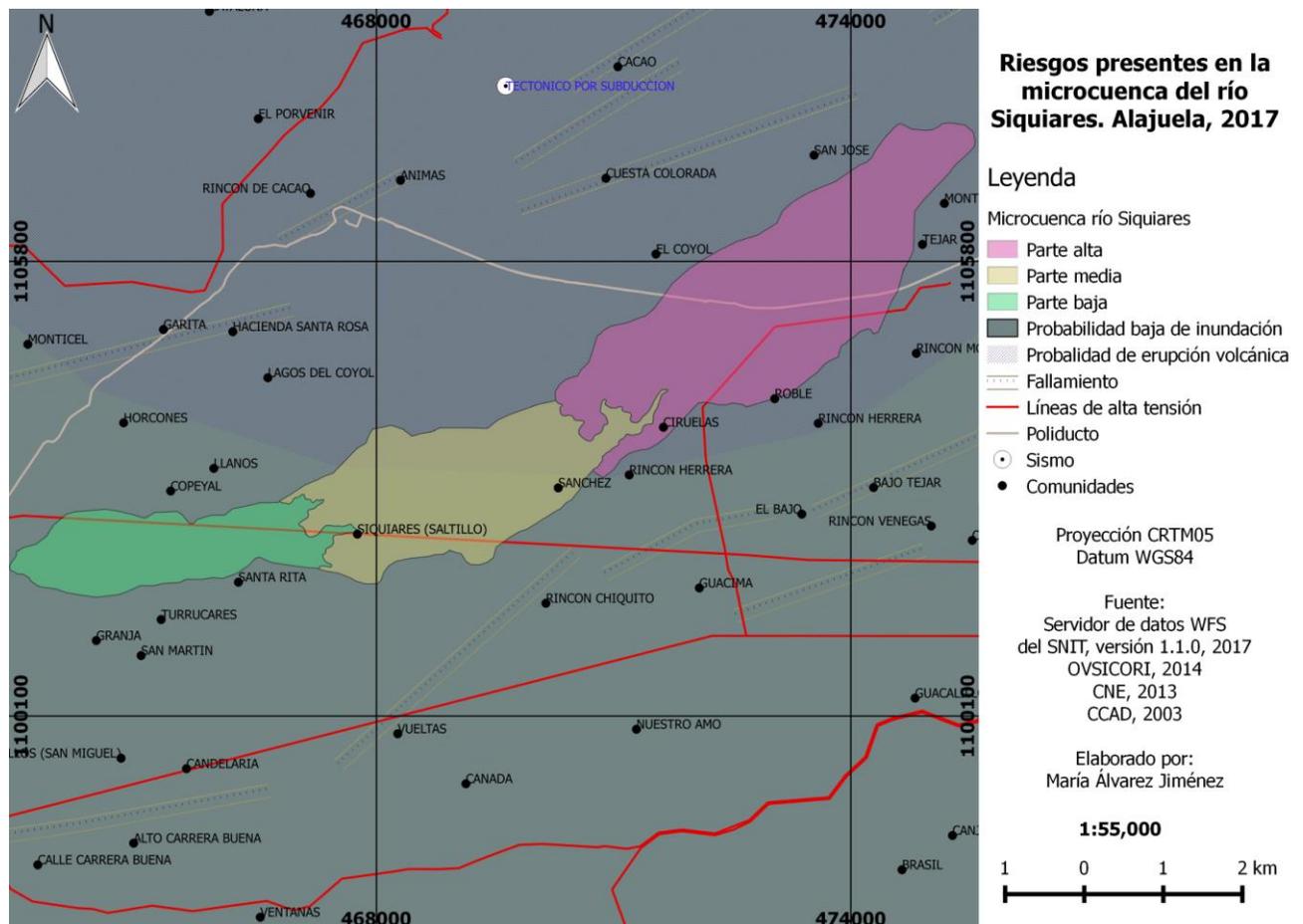


Figura 19. Mapa de riesgos



deportes. Dentro de los atractivos se encuentra, el ZOOAVE, restaurantes típicos ubicados en la Garita, museos; iglesias y parques ubicados en el centro del cantón, entre otros. En esta zona también localizan muchos negocios de alquiler de automóviles, la mayor parte concentrados en la zona de Río Segundo. En la zona se han desarrollado restaurantes de muchos tipos y un casino. Además en la zona de Garita se concentran muchos restaurantes que ofrecen comida típica costarricense, lo que atrae turistas nacionales e internacionales al lugar. Otro de los atractivos en este sector es Zoo Ave (un zoológico con distintas especies de pájaros y animales) (Plan de Desarrollo Cantonal 2013-2023).

### **Síntesis interpretativa de las características biofísicas de la cuenca:**

La microcuenca del río Siquiara tiene un área de 1725 hectáreas y está compuesta por los distritos de Alajuela, Barrio San José, San Antonio, Turrúcares y La Garita. Además el área de estudio presenta excelentes condiciones climáticas que lo hacen atractivo para el establecimiento humano y desarrollo de actividades, posee una *precipitación anual* que oscila 1 500 mm a 3000 mm, una biotemperatura media que varía entre 24 °C y 24,5 °C y una temperatura media entre 22 °C a 26 °C.

En el plano fisiográfico el origen de la microcuenca es volcánico y está compuesta por relleno volcánico perteneciente al valle central al igual que su forma. Luego en relación a la topografía del sitio de estudio en la parte alta, media y baja prevalece pendientes relativamente bajas, y concentra la mayor parte de la población por las características que posee para el desarrollo de actividades productivas.

La microcuenca del río Siquiara está constituida geológicamente por materiales de los períodos Terciario y Cuaternario, se compone de rocas volcánicas recientes por coladas de lava, aglomerados, lahar y ceniza volcánica y tiene rocas volcánicas intrusivas someras, así mismo tiene zonas de importancia hídrica enfocadas en aguas subterráneas.

Así mismo el área de estudio tiene en la parte alta suelos inceptisoles y andisoles, y en la parte media tiene suelos tipo vertisoles y ocupan la mayor parte en comparación a los demás, y finalmente en la parte baja los suelos son ultisoles.

Con respecto a la topografía y pendientes, la mayor parte de la microcuenca posee una topografía plana y con pendientes que oscilan entre 7 y 24%. Esta característica hace que el área de estudio sea apta para el asentamiento humano y desarrollo de actividades industriales y comerciales.

También el uso actual del suelo de la microcuenca predomina el urbano en la parte alta y media compuesta por zonas francas industriales, comercios y desarrollos urbanísticos, ubicados principalmente en el distrito del Barrio San José, San Antonio y Alajuela.

El otro uso que existe en mayor proporción también el área cubierta por pasto en la parte media y baja; este uso se encuentra en los distritos de Turrúcares y La Garita.

De acuerdo a la capacidad de uso del suelo de la microcuenca, la parte alta se clasifica en la clase III y IV y la parte media y baja está compuesta por la clase III en su mayoría.

En relación a las amenazas naturales la microcuenca del río Siquiáres presenta en su mayoría una probabilidad baja de inundación, y los distritos que lo componen como San Antonio y Barrio San José se ubican en zonas con pocas amenazas.

La Zonas de Vida que presenta la microcuenca del río Siquiáres es su mayor parte es la del Bosque húmedo Premontano (bh-P)

## 5.4. Caracterización Socioeconómica

### 5.4.1. Demografía:

En relación a los indicadores demográficos (cuadro 6) se muestra los datos de la *población* de los distritos de Turrúcares, San Antonio, Alajuela, Barrio San José y La Garita, para los años 2000 y 2011, con datos del CYDSA e INEC. Un dato importante es que la provincia de Alajuela tiene distritos con poblaciones muy numerosas y otras con poca población como lo es Turrúcares y La Garita que se encuentra dentro del grupo de los distritos con menos población, y los distritos de Alajuela, Barrio San José y San Antonio tiene una población numerosa. Por tanto, del año 2000 al 2011 la población aumento en 11267.

El índice de desarrollo social, el comportamiento de cada distrito varía dependiendo de la dimensión: económica, salud, educación y participación electoral, según el estudio elaborado por Comercio y Desarrollo S.A., de acuerdo a valores suministrados por MIDEPLAN, los distritos del cantón de Alajuela a nivel nacional, los mejor ubicados a nivel nacional son: Guácima, La Garita, Alajuela y Turrúcares, por lo que pueden catalogarse como los de mejor desarrollo social (Municipalidad de Alajuela, 2012).

**Cuadro 6. Población y densidad de los distritos de la microcuenca del río Siquiáres 2000 y 2011, Alajuela**

Distrito	Área (km <sup>2</sup> )	Población (2000)	Densidad población (hab/km <sup>2</sup> )	Población 2011	Densidad población (hab/km <sup>2</sup> )
Turrúcares	35.94	5986	166.6	7630	2012.3
San Antonio	8.68	22094	2545.4	24971	2876.8

Alajuela	8.88	42889	4829.8	42970	4839
Barrio San José	14.57	35405	2430	41650	2858.6
La Garita	33.41	6856	205.2	7276	217.8
<b>Total</b>		<b>113230</b>		<b>124497</b>	

Fuente: Elaborado por CYDSA con base en datos del INEC, Censos 2000 y 2011 (datos preliminares)

De acuerdo a la densidad de población de los distritos de la microcuenca del río Siquiáres, el cual indica la distribución de los habitantes por kilómetro cuadrado muestra que los distritos Alajuela, el Barrio San José y San Antonio poseen mayor densidad y los de menor densidad se encuentran Turrúcares y La Garita (cuadro 7).

Además es importante mencionar que no hay información actualizada de la población de los distritos en el año 2016, por tanto se utilizó los datos del censo 2011, como base para el presente análisis, y sabiendo que la población ha crecido en los últimos cinco años.

Así mismo el INEC realizó una proyección de la población para el año 2016 (cuadro 4) de los distritos de la zona de estudio y pasó de una población de 124 497 en el 2011 a 142 411 en el 2016, la cual se proyecta un aumento de 17914 correspondiente para la microcuenca, y es un dato importante que de una u otra forma puede impactar de forma positiva o negativa los recursos de la cuenca.

**Cuadro 7. Proyección de la población de los distritos de la microcuenca del río Siquiáres para el periodo 2016, Alajuela**

<b>Distritos</b>	<b>Población 2016</b>
Turrúcares	8893
San Antonio	29004
Alajuela	47255
San José	48491
Garita	8768
<b>Total</b>	<b>142411</b>

En relación a la migración el establecimiento de zonas industriales en la parte media y baja de la microcuenca ha hecho el desplazamiento de las personas para vivir en los alrededores para estar más cerca de sus centros de trabajo.

En el cuadro 8 se muestra la densidad por sexo de la población y el porcentaje de participación en el distrito de Turrúcares y San Antonio, y hay 16052 hombres y 16549 mujeres.

**Cuadro 8. Población por sexo y % de participación, distrito de la Cuenca de Siquiaries, Alajuela.**

Distrito	Población Total	Sexo		Participación		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
Turrúcares	7630	3868	3762	100%	50.7%	49.3%
San Antonio	24971	12184	12787	100%	48.8%	51.2%
Alajuela	254587	125620	128947	100%	49.3%	50.7%
Barrio San José	41650	20017	21633	-	48.1%	51.9%
La Garita	7276	3660	3616	-	50.3%	49.7%
Total	32601	16052	16549	100%	100%	100%

Fuente: Elaborado por CYDSA con base en datos del INEC, Censos 2000 y 2011 (datos preliminares)

Según los datos del INEC (2011) la población de Turrúcares del total de 7630 personas, 4923 es población urbana y 2707 es población rural, según los datos del INEC. El distrito de San Antonio tiene solo 24971 de población urbano y no tiene población rural.

#### 5.4.2 Salud y seguridad social

En los cinco distritos se cuenta con un EBAIS que brinda los servicios de salud y atienden a la población.

En cuanto al componente de salud, el cantón de Alajuela está estructurado en 4 áreas de salud para el primer nivel de atención: Alajuela Este, Norte, Oeste y Sur, posee un total de 53 EBAIS que en promedio tiene una población de 5.409 personas que atender (Municipalidad de Alajuela, 2012).

Dentro de las causas de muerte más importantes en el Cantón de Alajuela provienen de enfermedades cardiovasculares y cáncer en el periodo comprendido entre el 2005 y el 2010, un segundo grupo se encuentran Respiración Crónica, Alcohol-Cirrosis y Accidentes (no de Transporte) y un tercer grupo se ubican Diabetes, Accidentes de Transporte, Infección Respiratoria Aguda y Homicidio (Municipalidad de Alajuela 2013).

Con respecto al seguro social, el distrito de Alajuela es el que cuenta con mayor número de personas aseguradas y Turrúcares con la menor cantidad de personas, importante mencionar que solo se cuenta con información del año 2000 proveniente del Censo de ese año, y que alrededor de 16 años después pudo haber cambiado esa cifra (cuadro 9).

**Cuadro 9. Población asegurada por distrito, microcuenca de Siquiaries, Alajuela.**

Distrito	TIPO DE SEGURO SOCIAL							TOTAL
	Asalariado	Cuenta propia o convenio	Pensionado	Familiar	Cuenta del Estado	Otros	ASEGU-RADO	
Alajuela	10,065	2,892	3,418	17,104	1,412	367	7,631	42,889
San José	7,958	2,044	1,533	15,611	1,065	257	6,937	35,405

San Antonio	4,938	1,267	776	10,247	590	171	4,105	22,094
Turrúcares	1,202	374	285	2,941	145	37	1,002	5,986
La Garita	1,430	484	311	3,146	140	47	1,298	6,856

Fuente: INEC, Censo 2000.

### 5.4.3. Educación

Al analizar los datos de alfabetismo del último censo de población se observa que el cantón de Alajuela con un 98.22% supera al promedio nacional que se sitúa en 97.60% de la población (Municipalidad de Alajuela 2013).

Con respecto a la tasa de alfabetismo y analfabetismo, no se cuenta la información por distrito, sólo a nivel cantonal y se determinó por sexo (Ver cuadro 10).

**Cuadro 10. Costa Rica: Población de 10 años y más por condición de alfabetismo y sexo, según cantón central**

Cantón	Total				Hombres			Mujeres		
	Total	Alfabetista	Analfabeta	Alfabetismo	Total	Alfabetista	Analfabeta	Total	Alfabetista	Analfabeta
Alajuela	215909	212063	3846	98.22	105815	103831	1984	110094	108232	1862

Fuente: INEC. X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011

En la microcuenca del río Siquiáres existen en seis escuelas públicas ubicadas (figura 21). Entre ellas la Escuela Maurilio Soto Alfaro en Montecillos de Alajuela, Escuela Pacto del Jocote, Escuela Jesús Ocaña Rojas en El Coyol de Alajuela, Escuela Mixta de Siquiáres, Escuela Santa Fe en Ciruelas de Alajuela, Escuela San Miguel de Turrúcares.

Siendo los centros educativos seleccionados para el caso particular pertenecen a los circuitos educativos 02 (Escuela Maurilio Soto Alfaro en Montecillos de Alajuela), 05 (Escuela Pacto del Jocote, Escuela Jesús Ocaña Rojas en El Coyol de Alajuela, Escuela Mixta de Siquiáres y Escuela San Miguel de Turrúcares) y circuito 04 (Escuela Santa Fe en Ciruelas de Alajuela) (Alfaro 2015).

En el campo académico ha ocupado los primeros lugares en cuanto a desempeño y es importante resaltar que en su mayoría el personal docente y administrativo, cuenta con el respaldo de altos grados académicos en docencia o administración (Ministerio de Educación Pública 2014).

En términos de infraestructura en instituciones públicas existen carencias de espacios óptimos para el esparcimiento y recreación y es más que evidente las diferencias existentes entre centros privados y públicos, donde los porcentajes de bibliotecas, comedores escolares y recursos de

informática en las instituciones privadas sobrepasan por mucho a las escuelas públicas, especialmente los más rurales (Municipalidad de Alajuela, 2012).

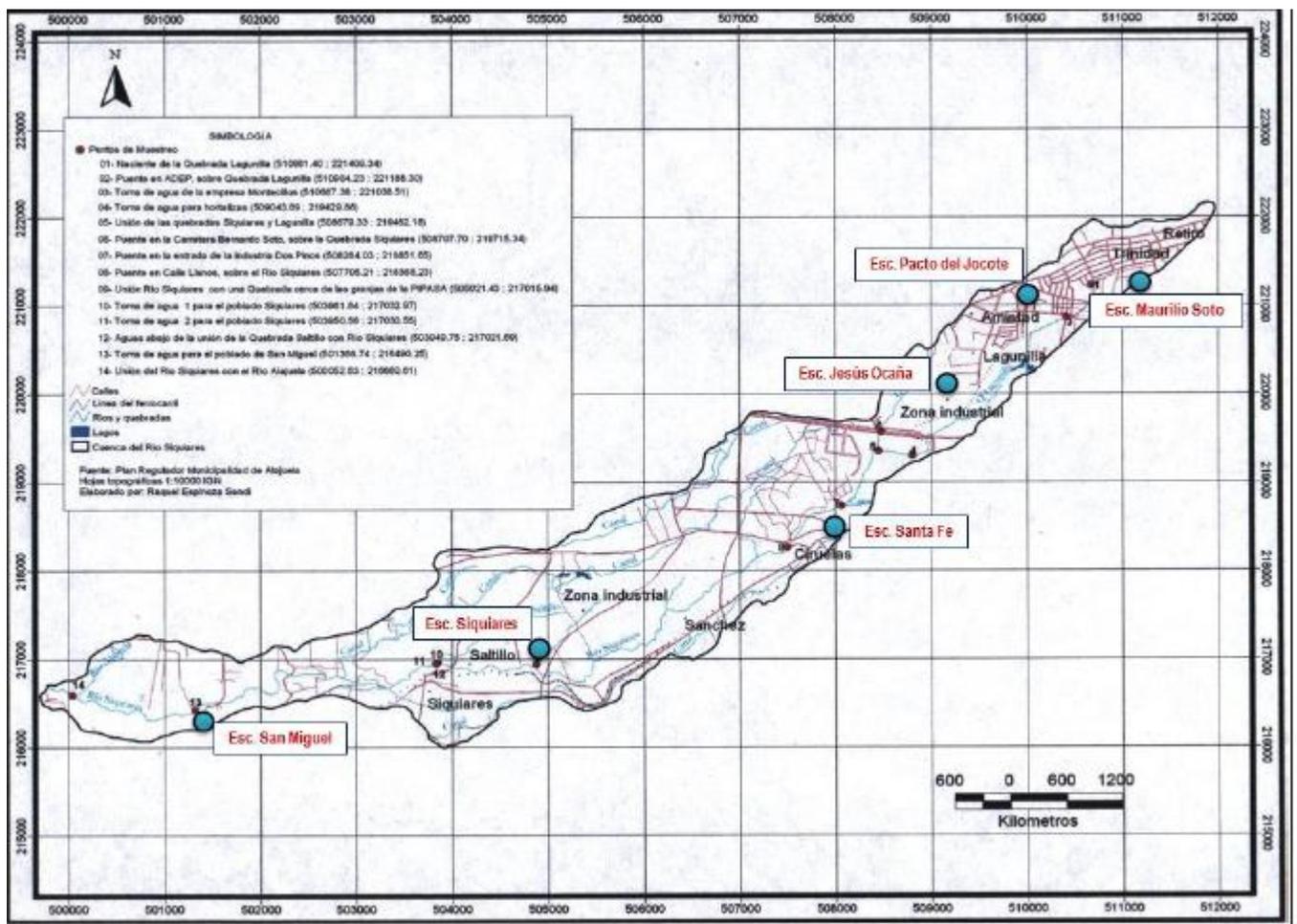


Figura 21. Distribución de los centros educativos dentro del área de la microcuenca del Río Siquiarales.

Fuente: Centro de Investigación en Contaminación Ambiental CICA. Universidad de Costa Rica (2006) con modificación propia empleando Google Earth® y el sistema de información geográfica ArcGis®

Dentro de la programación de las escuela y colegios se aborde el tema de educación ambiental, especialmente en las áreas de siembra de árboles y reciclaje, pero aún se debe fomentar programas de educación ambiental más fuertes, debido a la problemática ambiental que se presenta en la cuenca del río Siquiarales, según el Plan de Desarrollo Cantonal 2013-2023 menciona que debe reforzar dichos programas para evitar la contaminación de los ríos y quebradas, con desechos sólidos y otros, así como establecer brigadas de vecinos para la limpieza

y mantenimiento de los desagües y cauces de agua, además se este tema se encuentra contemplado en los proyectos del plan estratégico de la Municipalidad de Alajuela.

#### 5.4.4. Vivienda

Los distritos de Alajuela, Barrio San José, San Antonio se encuentran en las lista de los distritos que poseen más viviendas, así mismo la Garita y Turrúcares son los que poseen menos viviendas.

También la mayoría de los distritos tienen una muy buena cobertura de los servicios básicos, como lo es agua, electricidad y alcantarillado sanitario (cuadro 11).

**Cuadro 11. Indicadores de viviendas ocupadas y desocupadas según disponibilidad de servicios básicos por distrito, microcuenca de Siquiara, Alajuela.**

Distrito	Total de viviendas individuales ocupadas	Viviendas Desocupadas	Porcentaje de viviendas individuales ocupadas		
			Con abastecimiento de agua de acueducto <sup>1/</sup>	Con servicio sanitario conectado alcantarillado sanitario o a tanque séptico	Con electricidad
Alajuela	13 252	886	99.1	98.5	100.0
San José	12 131	926	98.1	98.6	99.9
San Antonio	7 165	422	98.2	99.4	99.9
Turrúcares	2 087	250	93.9	99.2	100.0
Garita	2 080	365	95.7	98.5	99.8

Fuente: INEC, Censo 2000.

Según Díaz (2016) el crecimiento de vivienda en la zona del distrito de Barrio San José fue del 210% en dos años, y se le denomina como el nuevo polo residencial.

Importante mencionar que este distrito se encuentra en la parte media de la microcuenca y en ella se ubica El Coyol de Alajuela y en los últimos años este sitio se ha establecido proyecto habitacionales importantes (figura 22).



**Figura 22. Oferta de proyectos urbanísticos en la parte alta, media y baja de la microcuenca del río Siquiaries**

Este sitio es considerado como un lugar para el desarrollo de proyectos urbanísticos para tener "calidad de vida". Es significativo mencionar que estos proyectos están dirigidos a la clase media y profesional, los cuales buscan viviendas y apartamentos en condominio, los cuales se encuentran en un rango de precios entre \$90 mil a \$180 mil.

Desarrolladores de condominios aseguran que esta zona es apta para que las personas vivan a precios más cómodos, y además indican que hay amplio potencial para el crecimiento

habitacional. Entre otras razones es el desarrollo de residenciales en esta zona posee una ubicación cercana a puestos de trabajo y está cerca de la ciudad.

De acuerdo con Díaz (2016) menciona algo muy interesante que esta zona enfrenta algunos retos, como el abastecimiento seguro de agua potable, y la necesidad de adicionales áreas comerciales; sin embargo, los desarrolladores esperan soluciones prontas a estos asuntos.

Acá la microcuenca juega un rol muy importante para el abastecimiento de agua en la zona y atender las necesidades de futuros proyectos urbanísticos e industriales, por tanto el agua puede convertir en un factor estratégico para las empresas o proyectos urbanísticos para que conserven y puedan generar mercados para la conservación de la microcuenca.

De acuerdo con la Municipalidad de Alajuela, el distrito del Barrio San José de Alajuela donde se ubica el Coyol muestra un rápido crecimiento residencial que complementa con el auge industrial de la zona, por ejemplo en el año 2013 se tramitaron a la municipalidad 5732 metros cuadrados y en el año 2015 aumento a 17696 metros cuadrados (Díaz 2016).

Lo planteado evidencia que esta zona donde se ubica la microcuenca del río Siquiáres es atractiva para los proyectos urbanísticos, y además dichos proyectos impactaran de forma positiva y negativa en los recursos de la microcuenca, así como demandaran el servicio de agua.

#### **5.4.5 Infraestructura vial y de transporte**

La microcuenca del río Siquiáres tiene vías de comunicación en acelerado desarrollo, una de ellas es la ruta 27 hacia Caldera se encuentra en la zona de estudio, y ha significado una mejora sustancial de tiempos de viaje y accesibilidad a la región del Pacífico Central; en la sección que atraviesa el Cantón de Alajuela existen 4 intercambios para acceder a la autopista; La Reforma, La Guácima, Siquiáres y Turrúcares (Figura 23).

Asimismo existe otra vía de comunicación en la parte media de la cuenca la cual es la Radial al Coyol que comunica el intercambio de Siquiáres con el intercambio del Coyol en la Ruta 1, habilitada en junio 2012.



Figura 23. Ruta carretera 27

Se espera la reactivación del ferrocarril en otros sitios de la provincia de Alajuela, la cual sería otra vía de acceso y en ella se encuentre los poblados de San Antonio, Alajuela, Ciruelas y Turrúcares.

La ruta 1 es la más importante del país en términos de transporte de personas y mercaderías ya que atraviesa Alajuela de este a oeste para fines movilidad de viajes interurbanos entre Alajuela y San José y viajes interregional entre la Zona Norte, Pacífico Central, Pacífico Norte y San José. Dicha ruta enlaza al principal aeropuerto (Juan Santamaría) y el segundo puerto marítimo (Caldera) con el resto del país.

También se encuentra la ruta 3 es la antigua carretera a Alajuela y comunica San José con Heredia y Alajuela. Junto con la 118 formó parte de la antigua Ruta 1. Además une Alajuela con La Garita, Atenas, Orotina y el Pacífico Central. Consta de 2 carriles y cambia de urbano a rural al oeste del Barrio San José (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

Un detalle importante es que en la parte baja de la microcuenca, específicamente en el Coyol de Alajuela se inauguraron dos Estaciones de Servicio, producto a la gran mayoría de vehículos que transitan en la zona y el desarrollo industrial.

### **Transporte público**

El cantón de Alajuela tiene una importante accesibilidad hacia destinos fuera del cantón; además de cuenta con su propia red de rutas distritales que salen de la ciudad de Alajuela hacia

los poblados ubicados en distritos del cantón, los cuales algunos de ellos forman parte de la microcuenca en estudio.

También es el punto donde se encuentran las terminales y paradas finales de las rutas que sirven al cantón.

El aeropuerto internacional Juan Santamaría demanda servicios de transporte público (rutas de autobuses y taxis). Generalmente, las rutas que pasan por el Ruta Nacional N° 1 se desvían hacia el aeropuerto, además de las rutas que viajan entre San José y Alajuela (ruta N° 200 y extensiones), exceptuando aquellos servicios que son directos.

Otro aspecto importante es el desarrollo industrial que existe actualmente en el sur del cantón, y el disponer de transporte público funcionar para esas zonas industriales ubicadas dentro de la microcuenca, lo implica mejor acceso a fuentes de empleo y menos dependencia del vehículo privado.

#### **5.4.6. Uso del agua**

El río Siquiaries es uno de los principales ríos de la provincia de Alajuela, y posee cuatro nacientes ubicadas en sus márgenes de la sección baja de la microcuenca (figura 24), son fuente de abastecimiento de agua potable de las comunidades de Siquiaries, San Miguel, Cebadilla, Ciruelas, La Trinidad, El Coyol y Turrúcares (Mena 2015).

El río Siquiaries nace entre las comunidades de Turrúcares y Ciruelas, atraviesa el distrito de este a oeste y desemboca en el río Alajuela. Su longitud aproximada de 10 km. Las nacientes están en la rivera o en el cauce principal del río y las captaciones son de tipo manantial. Estas captaciones se ven afectadas de forma negativa por la contaminación que genera las aguas residuales y la disposición de desechos sólidos de la Zona Franca Industrial, desagües y acequias del mismo Turrúcares y Ciruelas. En otras palabras, las aguas del río están contaminadas por los desechos industriales, urbanísticos y ganaderos de estas comunidades (Marozzi 2002).

El cantón de Alajuela es abastecido por varios entes: la Municipalidad de Alajuela, ICCA y acueductos rurales. La Municipalidad administra el acueducto que abarca la mayoría de distritos del cantón (con un número de abonados alrededor de 22000), y está dividido en 25 sistemas que se distribuyen en seis sectores de acuerdo a su ubicación: norte, este, oeste, noreste, noroeste y centro. Por otro lado, el ICAA administra el acueducto que comprende los sectores del Cacique, Aeropuerto y La Guácima, con un número de abonados muy similar al del Acueducto de la Municipalidad (22000 abonados).

Además, con base en la información del ICAA se tienen contabilizadas un total de cuarenta y cinco ASADAS y CAAR (incluye algunos que no han definido la figura administradora) en el cantón. En términos generales, la parte norte del cantón la conforman Asadas, el centro y la parte oeste (en su mayoría) está a cargo de la Municipalidad, y el sector Sures abastecido por los tres entes indicados.

Tiene parte de ASADAS (donde San Rafael, es la más grande), la mayor parte lo conforma el acueducto del ICAA, y algunos lugares como Turrúcares es administrada por el Acueducto Municipal (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

El Acueducto Municipal abarca una gran parte del cantón, con sectores pertenecientes a los distritos de Turrúcares, La Garita, Tambor, Sabanilla, San Isidro, Desamparados (una parte de Santa Bárbara), Carrizal y San José. Funciona por sistemas y subsistemas de abastecimiento: existen 6 sectores en que se divide el acueducto de acuerdo a su ubicación dentro del cantón, que a su vez se dividen en 25 sistemas y tres subsistemas.

El Acueducto cuenta con un total de 33 nacientes explotadas para los diversos sistemas y subsistemas, siendo en menor número la cantidad de pozos, en total 8 (en uso) y el mismo número pero en desuso. Del total de nacientes, sólo 4 están ubicadas en terrenos municipales, que son las de: Cebadilla en el sector sureste, Bolívar en el sector norte, Las Animas en sector oeste y Cabezas (La Paula) en sector este, los demás corresponden a propiedades privadas. Los sectores este, noreste y centro (de acuerdo a la clasificación hecha para la Municipalidad), concentran el 76 % de las nacientes (25) (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

El sector que abarca el acueducto del ICAA se encuentra en la zona suroeste del cantón, en sectores que pertenecen a los distritos de Alajuela (la parte suroeste), San José, Garita (una parte) Río Segundo, San Antonio y Guácima, además del sistema para el Aeropuerto (Distrito de Río Segundo). Este acueducto está conformado por 22.000 abonados aproximadamente, y de acuerdo a datos suministrados por el Ing. Víctor Calvo, encargado del mismo, el número de solicitudes oscila entre los 50 y 70 por mes.

De acuerdo a la ubicación de los lugares abastecidos y el funcionamiento del acueducto, este se divide en 3 sectores para el cantón central de Alajuela, que son los siguientes:

1. Sector Pasito: Comprende parcialmente (los comparte con el sector 3 de La Guácima) los poblados de: Montecillos (también parte de Montecillos es abastecido por el Acueducto Municipal), Villa Bonita, San José, Coyol, Jardines, Pacto del Jocote, Lotes Murillo y Montserrat. Los poblados

que pertenecen de manera completa a este sector, son: Ciruelas, Calle Sánchez, El Roble, San Antonio, El Coco, Santiago Oeste, Invu de las Cañas, El Erizo, El Pasito, Rincón Chiquito.

2. Sector Aeropuerto: Le corresponde todas las instalaciones del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría, ubicado en el distrito de Río Segundo.

3. Sector La Guácima: Comprende parcialmente (los comparte con el sector 1 del Pasito) los poblados de: Montecillos (también parte de Montecillos es abastecido por el Acueducto Municipal), Villa Bonita, San José, Coyal, Jardines, Pacto del Jocote, Lotes Murillo y Montserrat (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

De acuerdo con el desarrollo industrial en la microcuenca del río Siquiares, Camacho (2013) menciona que el AyA ha diseñado la perforación de dos pozos y la creación de nuevas líneas de distribución que solucionaría el problema de disponibilidad para la siguiente década.

El AyA admite que ha ampliado las líneas de distribución para aumentar la capacidad hidráulica desde Urbanización Bruselas hasta la Zona Franca Coyal, para un total de 3.200 metros de tubería, de los cuales 2.100 fueron financiados por la institución y el resto por la zona franca.

En relación al acceso al agua en la parte de baja de la microcuenca, específicamente la zona del Coyal Díaz (2016) indica que en relación al agua, existe un proyecto de Acueductos y Alcantarillados para mejorar el acceso de agua en la zona mediante pozos perforados, y que se desarrollará con fondos del Banco Centroamericano de Integración Económica, pero por el momento se logró resolver el acceso de agua para varios proyectos residenciales.



Figura 24. Toma de agua de las nacientes de Cebadilla de Turrúcares

#### **5.4.7 Servicios institucionales**

##### *Alcantarillado pluvial*

En el sector norte, los distritos, Alajuela, San José y San Antonio presentan pendientes menores y en ese lado existe mayor concentración de la población, servicios, comercio, centros educativos, entre otros, dejando menos porcentaje de área permeable, y al sur del cantón las pendientes continúan siendo bajas, y se dan diversos usos, como: industrias (sobre todo en la zona de San Rafael, Ciruelas, Coyol), agrícola (Guácima, Garita, Turrúcares), residencial, entre otros. Por tanto el alcantarillado pluvial funciona para pocos sectores, entre los cuales está el centro de la ciudad y zona central de los distritos de San José, Turrúcares, entre otros.

Sin embargo, su diseño se hizo hace muchos años, sin considerar los cambios de crecimiento e impermeabilización que se han ido dando en sectores cercanos al distrito central, tales como, Canoas, Coyol, Desamparados, San Antonio (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

##### *Recolección y disposición de los desechos sólidos*

La cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos se da casi en la totalidad del Cantón. Actualmente los desechos son llevados al Relleno Sanitario de La Carpio. El servicio se brinda por medio de la combinación de la contratación con WPP y las cuadrillas de funcionarios de la Municipalidad.

La Municipalidad de Alajuela en el periodo 2013 realizó el Plan Integral de Residuos Sólidos de Alajuela 2013-2017 diagnóstico que en la actualidad se recolectan 204,62 toneladas diarias de residuos, con una tasa de generación de 0,89 kg/hab/día. El objetivo del PIRS era planificar de manera articulada las medidas necesarias para la implementación de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas y educativas que permitan un correcto manejo de los residuos sólidos, a continuación se presentan algunas características de los residuos sólidos generados en el cantón del Alajuela.

Así mismo en los últimos años se desea establecer en el distrito de Turrúcares un relleno sanitario el cual está en lucha contra la instalación de un relleno, lo cual impactara a la salud de los pobladores de San Miguel y el ambiente.

En relación al suministro de *energía eléctrica* en la parte baja de la microcuenca del río Siquiara, Madrigal (2016) menciona que existe el Proyecto Transmisión Coyol, subestación eléctrica en la Zona Franca Coyol, entró en funcionamiento para abastecer el suministro de energía de alta calidad en la zona; y se desarrollará mediante una red subterránea de distribución de 11

kilómetros, con capacidad para operar a 230 kilovoltios. La Zona Franca Coyoil invirtió unos \$2,7 millones, obras que donó al Instituto Costarricense de Electricidad para el mantenimiento y operación (figura 25).



Figura 25. Subestación eléctrica en la Zona Franca Coyoil.

Fuente: cortesía Zona Franca Coyoil/La República.

#### **5.4.8. Aspectos culturales, religiosos, recreativos, políticos**

Existe una zona de influencia turística que se encuentra cerca del cuenca del río Siquiaraes, y es la del aeropuerto internacional Juan Santamaría en ella se ubican sitios de hospedaje que son utilizados por viajeros que utilizan esta Terminal de entrada y salida a Costa Rica. Dentro de los atractivos se encuentra, el ZOOAVE, restaurantes típicos ubicados en la Garita, museos; iglesias y parques ubicados en el centro del cantón, entre otros (cuadro 12).

En la zona se han desarrollado restaurantes de muchos tipos y un casino, además en la zona de Garita se concentran muchos restaurantes que ofrecen comida típica costarricense, lo que atrae turistas nacionales e internacionales al lugar. Otro de los atractivos en este sector es Zoo Ave (un zoológico con distintas especies de pájaros y animales). Este centro es parte de la Fundación Restauración de la Naturaleza, dedicada a la conservación ambiental a través de proyectos de educación ambiental; investigación; conservación de hábitat; rescate de animales silvestres y; restauración de poblaciones de especies silvestres. El Zoo Ave mantiene en exhibición a 115 especies de aves, 20 especies de mamíferos y 14 especies de reptiles.

El distrito de La Garita también cuenta con dos instituciones de investigación que son focos de atención en la zona, El INCAE y la Estación Experimental Fabio Baudritt Moreno de la 88

Universidad de Costa Rica. En esta zona también se ubican muchos clubes de recreo de empresas o colegios profesionales (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

En relación a las actividades deportivas, se creó el Centro de Alto Rendimiento de Alajuelense en la zona Turrúcares de Alajuela en un terreno de seis hectáreas, la cual tendrá cuatro canchas híbridas y dos naturales. El objetivo de este proyecto es promocionar las ligas menores y el deporte en Alajuela.

También el Turrúcares se caracteriza por tener clubes campestres de diversas instituciones como el de Avicultores Unidos, ICE, Centro de Recreo del Colegio de Ciencias Económicas, Laguito Phillips etc.

El aeropuerto Internacional es un sitio de importancia, ya que es el punto de entrada y salida del país. También en los distritos de Barrio San José y La Garita se aprecian distintos a tractores como clubes campestres, restaurantes típicos, centros recreativos, deportivos, centros comerciales, el INCAE, La Estación Experimental Fabio Baudritt (Obando 2014),

Y para los próximos años se planea construir un balneario de dimensiones grandes en la zona de Turrúcares, cerca de la ruta 27.

Según Brenes (2014), en el distrito de Turrúcares se construirá el Mega parque Acuático "Vulcano", será un atractivo para la zona, el cual ocupara 60.000 metros cuadrados sobre la Ruta 27 y se menciona que el agua se extraerá de un pozo propio.

Así mismo en la zona franca del Coyol de Alajuela se construyó un centro comercial denominado Plaza Coyol que cuenta con restaurantes, tiendas de conveniencia, banco y clínica de salud necesarias para las personas que trabajaban en las zonas francas (figura 26)



**Figura 26. Centro Comercial Plaza Coyol**

Fuente: Plaza Coyol Free Zone

**Cuadro 12. Lista de algunos atractivos turísticos en el Cantón de Alajuela, 2011.**

Nombre atractivo	Jerarquía	Distrito	Categoría
Casa de la Cultura de Alajuela	1	Alajuela	Museos y Manifestaciones Culturales
Desfile de Abril	1		Acontecimientos programados
Ermita el Llano	1		Folklore
Feria Agro Turística	1		Acontecimientos programados
Museo Histórico Cultural Juan Santamaría	1		Museos y Manifestaciones Culturales
Parque Central de Alajuela	1		Realizaciones técnicas, científicas y artísticas contemporáneas
Parque Juan Santamaría	1		Realizaciones técnicas, científicas y artísticas contemporáneas
Teatro Municipal de Alajuela	1		Museos y Manifestaciones Culturales
Jardín Botánico de Orquideas	3	La Garita	Sitios Naturales
Planta Hidroeléctrica La Garita	1		Realizaciones técnicas, científicas y artísticas contemporáneas
Viveros La Garita	1		Realizaciones técnicas, científicas y artísticas contemporáneas
Zoo - Ave	1		Realizaciones técnicas, científicas y artísticas contemporáneas
Catarata del río Caracha	1	Sabanilla	Sitios Naturales
Colinas del Poás	3		Realizaciones técnicas, científicas y artísticas contemporáneas
Feria Agro	1		Acontecimientos programados
Plantaciones de Café	1		Realizaciones técnicas, científicas y artísticas contemporáneas
Plantaciones de caña - café	1		Realizaciones técnicas, científicas y artísticas contemporáneas
Competencias Automovilísticas Guácima	2	Guácima	Acontecimientos programados
Finca Las Mariposas	1	San Isidro	Sitios Naturales
Desfile de San Isidro	1		Acontecimientos programados
Feria Gastronómica	1		Acontecimientos programados
Laguna Fraijanes	2	Sarapiquí	Sitios Naturales
Catarata El Ángel	1		Sitios Naturales
Catarata La Paz	2	Río Segundo	Sitios Naturales
Parque Monumento al Agricultor	1		Realizaciones técnicas, científicas y artísticas contemporáneas
Museo Barrio San José	1	San José	Museos y Manifestaciones Culturales

Fuente: Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023.

#### 5.4.9 Actividades productivas silvoagropecuarias

La mayoría del uso del suelo de la cuenca del río Siquiaries está urbanizada, debido al acelerado aumento de la población y estos sitios antes tenían vocación agropecuaria. Según la Municipalidad de Alajuela (2013), el desarrollo urbano ha cambiado significativamente en el uso del suelo, mucha área de uso agropecuario pasó a ser de uso urbano incrementando así la participación de los sectores comerciales y de servicios, y en los últimos 20 años del sector industrial.

El establecimiento de industrias en el sector de Alajuela responde a una serie de factores como, necesidad en los diferentes servicios, la disponibilidad de espacio físico, las características topográficas, el cambio tecnológico, la ubicación, acceso y conectividad y la disponibilidad de otros recursos como por ejemplo de recurso hídrico, líneas de alta tensión eléctrica y acceso a Internet.

En esta zona se ubica una de las actividades industriales más importantes del país, y no se cuenta con un listado completo de las industrias, y van a en aumento, pero entre ellas hay industrias cárnicas, lácteas, productoras de solventes, productos alimenticios de pescado, productos médicos, manufactura de productos de PVC, productos de empaque y aislamiento, empresas textiles, electrónicas, de pinturas y acabados de construcción, de productos alimenticios de pollo y embutidos cárnicos (Arias s.f). (Figura 27 y 28)



Figura 27. Industrias de carne y pollo ubicados en la parte baja de la microcuenca del **rio Siquiares**



Figura 28. Empresa de lácteos y pinturas ubicados en la parte baja de la microcuenca del **rio Siquiares**

La actividad agropecuaria registra áreas, de cultivo de café y un poco de ganadería extensiva. En la zona de Turrúcares se concentra la mayor cantidad de pastizales, además existe una importante producción de hortalizas en invernaderos en el distrito de San Antonio. Dentro del territorio del cantón de Alajuela se ubican varias empresas que se dedican a la producción de plantas ornamentales en invernaderos para la exportación, especialmente de esquejes. Estas se ubican mayoritariamente en los distritos de La Garita, Tambor, Alajuela, Guácima, ubicadas estratégicamente en las proximidades del aeropuerto internacional Juan Santamaría.

La zona sureste y suroeste del cantón de Alajuela, especialmente la parte de los distritos de Turrúcares, Guácima, San Rafael y la Garita, se caracteriza por ser de carácter más rural, desarrollo de actividades agrícolas, desarrollo de comercios y servicios menos concentrados que en la zona central, y algunas zonas con potencial desarrollo industrial. (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023). Además en los últimos años se ha acelerado el crecimiento industrial y urbanístico en alrededores de la zona y en Turrúcares, San Antonio, Ciruelas, La Guácima, específicamente con el desarrollo de condominios para clase media y alta y ha abarcado gran parte de estas áreas.

En cuanto a la producción acuícola se concentra en el distrito de Turrúcares, donde se ubican 50 estanques de cultivo. Además en este sector existe una mayor producción bovina, ya que posee alto porcentaje de fincas de producción bovina, donde se reporta alrededor de 290 bovinos ubicados en 13 fincas. La producción avícola es otra de las actividades importante, se reportan 96 proyectos, con una capacidad de producción de 3.439.231 picos, entre gallinas ponedoras y pollos para engorde, distribuidos en 96 granjas en este distrito y la Guácima (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

El cantón de Alajuela presenta la mayor cantidad de mataderos de aves de Costa Rica, con tres plantas de procesamiento de aves, ubicadas en los distritos de Turrúcares, San Rafael y San Antonio. Además la producción porcina del MAG reporta que existen 11 granjas en el distrito (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023). De acuerdo con lo planteado se generan una serie de actividades agrícolas que por ende propician un efecto directo en la calidad del agua en la microcuenca del río Siquiaries.

Según la Metodología Determinación Capacidad Uso Tierras Costa Rica (2007), la cuenca del río Siquiaries tiene capacidad del uso III, en la parte media y baja de la cuenca, la cual refleja que

es un área dedicada a cultivos anuales, y en la parte alta de la cuenca su capacidad de uso se ubica en la clase IV, donde se pueden establecer cultivos anuales de forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos.

El curso medio del río Siquiaries se caracteriza por la presencia de pastos ganaderos con árboles dispersos y con una fuerte invasión urbana en un futuro al alcance, mientras la parte baja de la cuenca está más poblada por pueblos como Turrúcares, La Garita, San Antonio y se pueden notar muchas construcciones invadiendo el lecho fluvial poniendo en riesgo no solamente el bien económico. Los cultivos identificados en campo son café, frutas, hortalizas y caña de azúcar. Solo en la parte baja de la microcuenca cerca del cantón del río Siquiaries permanece una mancha de bosque en un su mayoría secundario (Ramírez 2007).

#### **5.5.0 Actividades productivas industriales y recreativas**

En relación a las actividades industriales, específicamente en la zona del Coyol de Alajuela (parte baja de la microcuenca), se está empezando a trasformar en un imán de empresas locales y ello se debe la conectividad que tiene la zona y el acceso a rutas estratégicas (ruta 1 y 27) y claves que facilitan la logística han estimulado la inversión. (Ver figura 29)

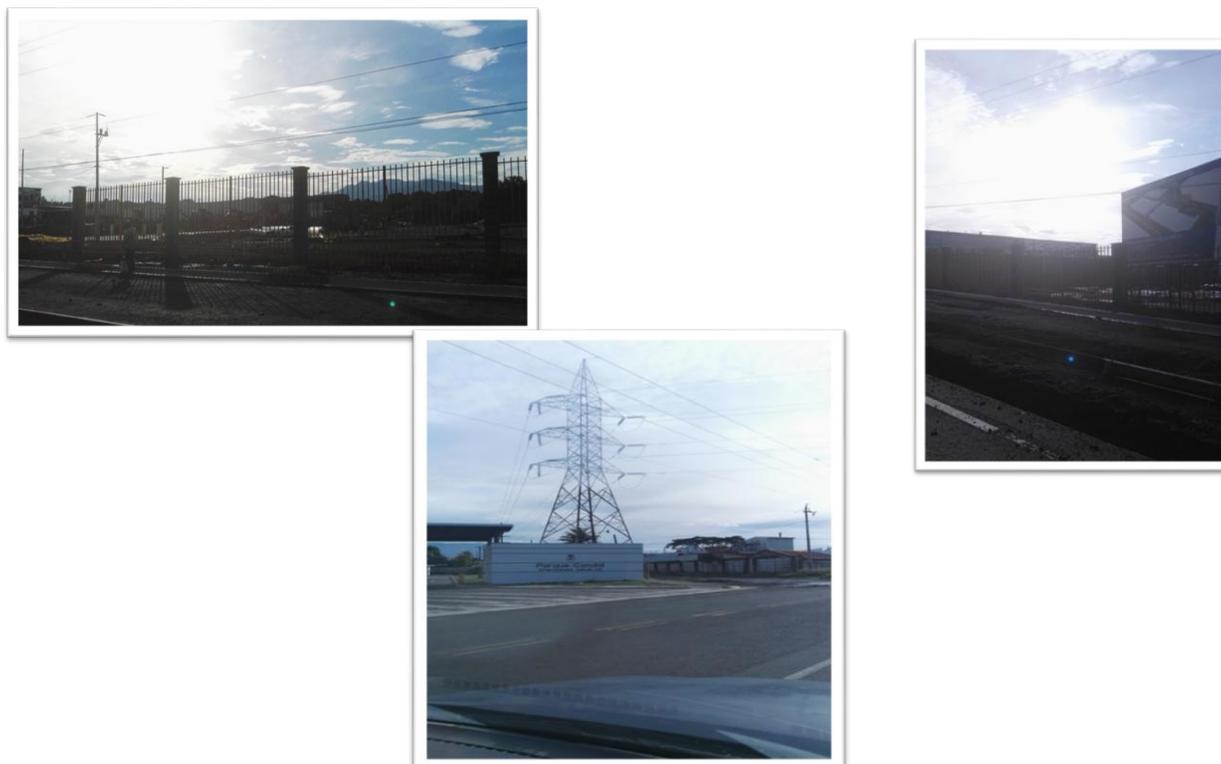


Figura 29. Parques industriales en la parte baja de la microcuenca (Parque Condal Ciruelas y Parque Logístico El Coyol)

También entre otras razones de establecer empresas en este sitio es el acceso a mano de obra calificada e infraestructura de servicios, como lo es contar con la subestación eléctrica, además la ubicación estratégica del aeropuerto.

Algunas de dichas empresa que se establecerán en dicho sitio serán Mayca, Empaques Santa Ana, MABE y MATRA (Retana 2016).

De acuerdo con Fallas (2016), en la parte baja de la microcuenca, específicamente en el sector del Coyol el espacio industrial creció 50% en últimos cinco años; la cercanía del aeropuerto y dos vías principales han propiciado un auge inmobiliario. Actualmente hay tres proyectos en construcción y cinco por desarrollarse (Figura 30).



Figura 30. Construcción de LatAm Parque Logístico Coyol, que comprende cuatro edificios cuyas áreas suman, aproximadamente, 70.000 metros cuadrados arrendables.

Fuente: cortesía Adrián Soto/La Nación.

Así mismo el alcalde de Alajuela Roberto Thompson, menciona que dicho crecimiento en este sector sería mayor si se solucionaran problemas de la infraestructura vial y falta de agua.

En materia ambiental el SINAC (2017) está realizando un proyecto de recuperación y restauración del río Siquiá, Alajuela, el objetivo de dicha iniciativa es promover la recuperación integral del río mediante el desarrollo de estudios que permitan a autoridades tomar adecuada

decisiones, así como con el desarrollo de acciones de educación ambiental y concientización empresarial y comunal, rotulación preventiva y reforestación.

### 5.5.1 Principales fuentes de empleo e ingresos

Según el Índice de Desarrollo Social (IDS), este indicador constituye un resumen que mide las brechas sociales entre las diferentes áreas geográficas del país (cantones y distritos). El valor del IDS oscila entre 0 y 100, correspondiendo el valor más alto al cantón en mejor situación sociodemográfica y el más bajo al que presenta el mayor rezago en su nivel de desarrollo. El IDS del distrito de Turrúcares se trabajó por cuatro dimensiones, que son la económica, salud, educación y participación electoral. El distrito de Turrúcares, en la dimensión económica tiene la posición 32,4, en la participación 39,0, en la dimensión de salud 48,5 y en educación 76,0. El distrito de San Antonio 19.7 correspondiente a la dimensión económica, 19.7 en participación, en salud 49.9 y en educación 86.9 (cuadro 13).

En el cuadro 3, se observa la tasa de empleo y desempleo el distrito de Turrúcares, la tasa de ocupación es de 97.7%, el cuales un dato muy razonable.

**Cuadro 13. Empleo y desempleo, distrito de Turrúcares y San Antonio del año 2011, Alajuela.**

<b>Distrito</b>	<b>Menores 12 años</b>	<b>PEA</b>	<b>Ocupados</b>	<b>Tasa de ocupación</b>	<b>Desempleados</b>	<b>Tasa de empleo abierto</b>	<b>Inactivos</b>	<b>Total</b>
Turrúcares	1468	3046	2975	97.70%	71	2.30%	3116	7630
San Antonio	4749	10892	10476	96,20%	416	3,80%	9330	24971

Fuente: Elaborado por CYDSA con base en datos del INEC, Censos 2000 y 2011 (datos preliminares)

Además, con el establecimiento de zonas francas (LAICA, Corporación Gollo, Riteve, Pollo Rey, Empresas Cárnicas, Dos Pinos, HB Fuller, zona franca Bes, Walmart y Gas Zeta, entre otros), alrededor de la zona ha generado empleo a los poblados aledaños (figura 31).



Figura 31. Industrias establecidas cerca del río Siquiaries, Alajuela

Fuente. Álvarez 2016

Una fuente de empleo es la zona del Coyol, y se encuentra en la parte baja de la microcuenca del río Siquiaries. Según el presidente Carlos Wong del parque industrial indica que en los próximos años se van generar 2 mil plazas en la Zona Franca Coyol.

También existen otras fuentes importantes de trabajo en la zona consisten en las oficinas de Dos Pinos, Durman Esquivel, Lanco, y H. Solís, entre otras, así como las operaciones de logística Grupo Tical y la Tienda Gollo. Además las empresas de otras zonas francas, que se ubican en cuatro parques industriales, muchas de ellas relacionadas con la fabricación de dispositivos médicos, manufactura electrónica y servicios compartidos., todo ello son nuevas opciones laborales, que no existían en la zona hace pocos años (Díaz 2016).

### 5.5.2. Tenencia de la tierra

La tenencia de la tierra se refiere a las formas que trabaja la persona productora y que forma parte de la finca agropecuaria, existen diferentes tipos de tenencia (propietario, arrendamiento y otras formas). Para el caso de la microcuenca del río Siquiaries la tenencia de la tierra de sólo se cuenta con información general del cantón de Alajuela proveniente del Censo Agropecuario 2015, el cual menciona que existe 2085 fincas distribuidas en simples y mixtas (cuadro 14).

**Cuadro 14. Total de fincas y extensión en hectáreas por forma de tenencia de la tierra, Alajuela, 2014.**

Provincia y cantón	Total de fincas		Forma de tenencia de la tierra			
	Cantidad	Extensión	Simple		Mixta	
			Cantidad	Extensión	Cantidad	Extensión
Alajuela	2 085	28 423,2	1 973	27 542,5	112	880,7

<b>Provincia y tamaño de la finca</b>	<b>Total de fincas</b>		<b>Extensión por cantidad de parcelas</b>			
	<b>Cantidad</b>	<b>Extensión</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4 y mas</b>
<b>Fincas sin tierra</b>	850	511	409.1	96.6	4.2	1.2
<b>Fincas con tierra</b>	24326	581457	370409.4	100238.8	49865.9	60943.6
<b>Total</b>	25176	581968	370818.4	100335.3	49870.1	60944.8

Fuente: Censo Agropecuario 2015

### 5.5.3 Organización local

La microcuenca del río Siquiara se encuentra en el cantón de Alajuela y presenta algunas formas de organización local y las principales instituciones (cuadro 15). Actualmente no se cuenta con comités de cuenca ni de agua.

En el año 2013 se creó el Comité Municipal de Emergencias del Cantón Central de Alajuela, dicho comité está conformado por representantes de las instituciones y organizaciones del cantón como: Municipalidad de Alajuela, Ministerio de Salud, CCSS, Policía de Tránsito, Cruz Roja, Boys Scouts, Fuerza Pública, Bomberos de Costa Rica, Sinac, Club de Leones, Rotarios, MAG, CNE, MTSS, Senasa, Minaet, Dinadeco, INA, IMAS y MOPT.

El objetivo del comité es planificar las acciones tendientes a la prevención y mitigación de los desastres naturales y antrópicos (producidos por el ser humano), a través de la organización de las diferentes instituciones gubernamentales, ONGs y sociedad civil en procura de la integración y coordinación de esfuerzos y recursos en la atención de emergencias (Ramírez 2013).

Los Comités Municipales de Emergencias son equipos de coordinación interinstitucional y de participación ciudadana, responsables de la ejecución de acciones tendientes a prevenir y mitigar las condiciones de riesgo y atender las diferentes situaciones de emergencia en los niveles local y comunal, según los alcances de la Ley Nacional de emergencias y Prevención de Riesgo 8488 y las directrices emanadas por la Comisión Nacional de Emergencias (Ramírez 2013).

Actualmente existe un Comité de Emergencia o Vigilancia a nivel Municipal y uno en Siquiara, el objetivo de cada una es velar por la prevención de riesgo ante un desastre natural, cada uno cuenta con un facilitador y un oficial de enlace

**Cuadro 15. Principales instituciones y organizaciones locales en la cuenca del río Siquiares**

<b>Principales instituciones</b>	<b>Principales grupos de organizaciones locales</b>
SINAC -MINAE (Oficina Regional de Alajuela)	Asociaciones de desarrollo comunal de los distritos Alajuela, Barrio San José, San Antonio, Turrúcares y La Garita
Universidad Técnica Nacional	ASADAS
Municipalidades de Alajuela	Asociación conservacionista de los Ríos y el Ambiente de Ciruelas de Alajuela y la otra es la Asociación de Amigos del Medio Ambiente del río Siquiares (ACORACI)
MAG (Oficina Regional de Alajuela)	Dueños de fincas
Acueductos y Alcantarillados	Comité de vecinos
Sucursal de CCSS Alajuela	
Centros Educativos Escuela públicas y privadas de los distritos de la microcuenca	

#### **5.5.4. Institucionalidad y gobernanza**

A nivel de ambiente y forma de organización actualmente la zona de estudio no cuenta con una figura de organismo de cuenca, pero existen La Asociación Conservacionista de los Ríos y el Ambiente de Ciruelas de Alajuela (ACORACI), que vela por la protección del río Siquiares, y esto ha sido una forma de coordinación en la parte media y baja de la microcuenca. Dicha asociación no cuenta con presupuesto para trabajar, solo y trabaja con voluntad y buena fe.

Así mismo existen asociaciones de desarrollo de los distritos y la misma Municipalidad de Alajuela.

#### **5.5.5. Proyectos y programas**

La oficina regional del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (2017) tiene varios proyectos relacionados con la microcuenca del río Siquiares debido a múltiples problemáticas que existen.

Para lograr con éxito dichos proyectos se requiere financiamiento y el apoyo de las comunidades que forman parte de la microcuenca, las empresas, comercios y las instituciones.

Uno de ellos es la evaluación de la calidad del agua, otro es un diagnóstico, Programa de Educación Ambiental, donde se involucra a las empresas y las comunidades, colocación de rótulos en los alrededores del río con el objetivo de sensibilizar a la población para la protección de los recursos naturales (Figura 32).

Así mismo dentro de las actividades por realizar esta en realizar un estudio hidráulico del río Siquiara, diseñar un inventario de los pozos, canales de riego, nacientes que se encuentran en el área que drena el río Siquiara, así como levantamiento de propietarios.

También se desea desarrollar un módulo de información para los empleados de las empresas industriales que se encuentran dentro de la microcuenca sobre las medidas que se deben tomar en los procesos de vertidos a fin de reducir el riesgo de contaminación.

Y por último generar actividades de educación ambiental, en alianza con centros educativos, las empresas ahí presentes, gobierno local, comunidades y grupos organizados.

Igualmente dentro de la propuesta de trabajo a cargo de la oficina del SINAC de Alajuela esta la realización de:

- Estudio hidráulico e inventario de nacientes, pozos y propietarios., y la socialización con las empresas, gobierno local e instituciones involucradas.
- Talleres de sensibilización dirigido a funcionarios de empresas que vierten aguas al río Siquiara más conocedores y conscientes de la normativa ambiental vigente relacionada con problemática del río.
- Diseño de planes de Educación Ambiental a las comunidades y empresas vecinas al río Siquiara conocedoras de problemática del río para trabajar en su recuperación.
- Diseño de rótulos informativos en las áreas de protección.
- Organizar campañas de reforestación en áreas de protección, de las cuales algunas se realizaron en el año 2014.
- Brindar inducción a empresas aledañas a la microcuenca.
- Coordinación con centros educativos está en etapa inicial.
- Rotulación en las áreas de protección del río y nacientes.
- Proyecto de siembra de árboles en áreas de protección.



Figura 32. Muestra divulgativa para las áreas de protección

También la Municipalidad de Alajuela menciona dentro del *Plan de Desarrollo Cantonal 2012-2023*, se compromete de acuerdo a la legislación vigente a planificar y ejecutar proyectos, actividades y servicios dentro del marco del Desarrollo Sostenible, dentro de la Estrategia Nacional del Cambio Climático y Propuesta para la C Neutralidad al 2021, y dentro de ella la protección del recurso hídrico en toda la provincia, y es un elemento importante que mencionar.

#### **5.5.6. Gobernabilidad y marco legal**

La Municipalidad de Alajuela es el ente encargado de velar el cumplimiento de la ley de agua, ley forestal, ley de gestión de residuos sólidos, ley orgánica del ambiente, entre otras

Así mismo dentro del plan de Desarrollo Cantonal 2013-2023 de Alajuela, se mencionan objetivos estratégicos que deben de cumplirse en el área de ambiente, y una de ellas está enfocada en el área de las cuencas hidrográficas.

Donde se debe de proteger las nacientes y las áreas de recarga del acueducto municipal, incluidas las potenciales de uso futuro, en colaboración de Dep. de Gestión Ambiental de la Municipalidad, FONAFIFO y ASADAS.

También minimizar la contaminación ambiental, específicamente en reducir sostenidamente la generación de todo foco de contaminación, de cuencas, ríos, quebradas y canales. Esta función no solo le compete a la Alcaldía de la Municipalidad de Alajuela, sino también al Dep. de Gestión Ambiental, Ministerio de Salud, MINAET-Tribunal Ambiental, el Sector Empresarial, comercial y la población en general

Otra iniciativa es mejorar el manejo de los desechos sólidos a nivel de hogares, empresas y comunidad en general.

Y finalmente evitar pérdidas humanas y materiales en zonas con mayor propensión a ser afectadas por fenómenos naturales. Para el cumplimiento de esta meta se requiere el compromiso de la Municipalidad de Alajuela, CNE y las Asociaciones de Desarrollo.

#### **Síntesis interpretativa de las características socioeconómicas**

La microcuenca del río Siquiaries se puede catalogar como urbana con un fuerte potencial de crecimiento industrial y urbano. Así mismo presenta condiciones que propician un desarrollo económico en la zona, entre ellas la carretera ruta 27, el establecimiento acelerado de zonas francas, desarrollo de proyectos urbanísticos, y todo ello ha implicado una demanda de servicios para atender las necesidades y que tienen repercusión en los recursos naturales de la microcuenca

En términos de población, de acuerdo a una proyección para el año 2016 el distrito de Alajuela tiene la mayor cantidad con 47255 y La Garita con la menor con 8768. Con respecto al componente de salud, todos los distritos que conforman la microcuenca poseen EBAIS y el distrito de Alajuela es el que cuenta mayor cobertura de personas aseguradas.

En relación al aspecto de educación el cantón de Alajuela posee 98.22% de alfabetismo, lo cual es un indicador muy positivo. Dentro de la microcuenca existen 6 centros educativos y se abarcan temas de educación ambiental, se desarrollan actividades de siembra de árboles y reciclaje, pero se requiere fortalecer en los centros educativos temas para sensibilizar y evitar la contaminación de los ríos y quebradas, manejo de desechos sólidos, diseñar brigadas de vecinos para la limpieza y mantenimiento de los desagües y cauces de agua.

Con respecto al aspecto de tenencia de vivienda los distritos que poseen más viviendas es el distrito de Alajuela ya que posee más población y los distritos de La Garita y Turrúcares son los que poseen menos viviendas; importante mencionar las viviendas poseen buena cobertura con el servicio de agua, electricidad, y servicio sanitario conectado al alcantarillado sanitario o a tanque séptico. Por las condiciones mencionadas que tienen la microcuenca y la facilidad de los servicios es un sitio considerado como un lugar para el desarrollo de proyectos urbanísticos para tener "calidad de vida".

La infraestructura vial puede considerarse adecuada tiene vías de comunicación que responden al desarrollo acelerado del sitio (ruta 27, ruta 1 y ruta 3).

De acuerdo con el componente de agua en la zona de estudio, posee cuatro nacientes de las cuales son fuente de abastecimiento de agua potable de las comunidades de Siquiáres, San Miguel, Cebadilla, Ciruelas, La Trinidad, El Coyol y Turrúcares. El cantón de Alajuela es abastecido por varios entes: la Municipalidad de Alajuela, ICCA y acueductos rurales.

En relación al acceso al agua en la parte de baja de la microcuenca, específicamente la zona del Coyol Díaz (2016) indica que en relación al agua, existe un proyecto de Acueductos y Alcantarillados para mejorar el acceso de agua en la zona mediante pozos perforados, y que se desarrollará con fondos del Banco Centroamericano de Integración Económica, pero por el momento se logró resolver el acceso de agua para varios proyectos residenciales.

Los servicios de alcantarillado pluvial, recolección de desechos sólidos que hay en la microcuenca son "aceptables" pero se requiere de mejorar aún más. Para el caso del suministro eléctrico, en la parte baja de la microcuenca se estableció el Proyecto Transmisión Coyol, subestación eléctrica en la Zona Franca Coyol.

El desarrollo urbano ha cambiado significativamente en el uso del suelo, mucha área de uso agropecuario pasó a ser de uso urbano incrementando así la participación de los sectores

comerciales y de servicios, y en los últimos 20 años del sector industrial. Con el establecimiento de zonas francas (LAICA, Corporación Gollo, Riteve, Pollo Rey, Empresas Cárnicas, Dos Pinos, HB Fuller, zona franca Bes, Wallmart y Gas Zeta, entre otros), alrededor de la zona ha generado empleo a los poblados aledaños.

De acuerdo a la organización local no se cuenta con comités de cuenca ni de agua. A nivel de proyectos ambientales, la oficina regional del SINAC posee iniciativas para mejorar las condiciones del río Siquiaries de las cuales ya han ejecutado algunas, del total de nueve proyectos.

**II Fase:** Diagnóstico preliminar para determinar los problemas y potencialidades de la microcuenca del río Siquiaries

### **Diagnostico biofísico y socioeconómico**

El análisis del Diagnóstico preliminar se elaboró basado en la información secundaria y de la caracterización biofísica y socioeconómica con el propósito de entender y conocer el estado de la parte alta, media y baja de la microcuenca del río Siquiaries

#### **a. Identificación de problemas biofísicos –socioeconómicos relacionados con el uso de los recursos naturales**

Para identificar los problemas biofísicos y socioeconómicos y las potencialidades se utilizó bibliográfica secundaria (periódicos, redes sociales, documentos, tesis, artículos) y consultas a personas claves que viven en la microcuenca (cuadro 16).

**Cuadro 16. Problemas de la microcuenca del río Siquiaries relacionados al uso de los recursos naturales**

<b>Principales problemas biofísicos relacionado con el uso de los recursos naturales</b>
1. Poca cobertura forestal en toda la microcuenca, sólo cuenta con 0.47% (8.48 ha)
2. Riesgo por inundación urbana en la parte alta y media de la microcuenca
3. Sitios vulnerables a eventos sísmicos
4. Escorrentía superficial y poca infiltración del agua, producto de la impermeabilización de los suelos
<b>Principales problemas socioeconómicos relacionado con el uso de los recursos naturales<sup>1</sup></b>
1. Colapso del alcantarillado pluvial en la parte alta y media de la microcuenca
2. Contaminación del río Siquiaries originado por residuos industriales (carnes, pollo, procesadoras de atún, empresas productora de lácteos) y domésticos. Turbidez entre 40 y 90 UNT, OD 5mg/L, DBO 10mg/L hasta 70mg/L, DQO 200mg/L.
3. Ausencia de programas de educación ambiental enfocados al manejo de las cuencas

<sup>1</sup> Ross, J. 2017. Aplicación de cuestionario (entrevista). Ciruelas de Alajuela, CR.

Cordero, M. 2017. Aplicación de cuestionario (correo electrónico). Turrúcares de Alajuela, CR.

Murillo, O. Aplicación de cuestionario (correo electrónico). Turrúcares de Alajuela, CR

4. Impedimentos para realizar proyectos de restauración del río Siquiaries
5. Mala planificación del territorio y crecimiento urbano desordenado En el 2013 se tramitaron a la municipalidad 5732 metros cuadrados y en el año 2015 aumento a 17696

**Cuadro 17. Potencialidades, riesgo y vulnerabilidad en el contexto de la gestión de la microcuenca del río Siquiaries**

<b>Potencialidades y oportunidades</b>
1. Presencia de nacientes
2. Aprovechar el desarrollo de investigación por parte de la Universidad Técnica Nacional en el tema de manejo de cuencas, recurso hídrico e impacto del cambio climático.
3. Hacer uso de comisiones u asociaciones de la microcuenca que trabajan en acciones para proteger los recursos naturales como mecanismo estratégico para manejar la cuenca
<b>Riesgos y vulnerabilidades</b>
1. Inundaciones de zonas por la impermeabilización de los suelos
2. Susceptible a eventos sísmicos, específicamente en la parte baja de la microcuenca

**b. Análisis del diagnóstico a través de las causas y consecuencias de problemas, potencialidades, riesgos y vulnerabilidades**

De acuerdo al análisis de la información de la caracterización biofísica y socioeconómica, la presente matriz muestra la problemática de la microcuenca del río Siquiaries de manera más interpretativa.

La identificación de los problemas de la microcuenca se basa en los resultados obtenidos en la caracterización biofísica y socioeconómica. A continuación se mencionan los más importantes:

EL área de estudio presenta muy poca cobertura forestal (0.47 %) que corresponde a 8.48 hectáreas, y son parches de bosques aledaños a los ríos en la parte baja de la cuenca, y además con árboles dispersos en pastos ganaderos que prevalece en su mayoría con un área de 53.31 % que es casi la mitad de la cobertura de toda la microcuenca (cuadro 18).

Actualmente no existe una estrategia para el resguardo de las áreas de protección y de recuperación de la cobertura arbórea por parte de SINAC. Además hay una falta de una política para la recuperación de la cobertura arbórea y resguardo de las áreas de protección de los ríos, cuya ausencia se nota en los instrumentos de política tales como: Estrategia para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Costa Rica, Plan Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, la Política Hídrica Nacional y la Agenda del Agua, lo cual, propicia acciones aisladas en las instituciones del Estado (CGR 2014).

Otra problemática son las *amenazas hidro meteorológicas*, a pesar que se encuentra un bajo riesgo por inundación urbana en la parte media de la microcuenca en sitios de ocupación de las planicies de inundación de los ríos con asentamientos humanos.

Con respecto a las *amenazas sísmicas* en el sector de la parte baja de la microcuenca, específicamente el distrito de Turrúcares se encuentra localizado un sistema de fallas que recientemente causó daños importantes en la ciudad de Alajuela.

En la época lluviosa en la microcuenca se presentan problemas escorrentía superficial lo cual impide la infiltración del agua, producto de la impermeabilización de los suelos, resultado de ello se genera el problema del *Colapso del alcantarillado* y se concentra en la parte media y baja de la microcuenca (Figura 33).

Una de las causas de este problema ha sido el crecimiento urbanístico acelerado sin contemplar el diseño de los alcantarillados de acuerdo al estado actual, unido a ello la disminución de la capa permeable del suelo y además la mayoría de la microcuenca es de topografía relativamente plana lo que impide que se infiltre bien el agua (cuadro 16 y 19).



Figura 33. Muestra de alcantarillado atascado en época lluviosa en Villa Bonita y Montecillos de Alajuela

Fuente: Periódico La Nación 2015

Otra problemática es la *contaminación del río Siquiaries a causa del vertido de residuos industriales* (carnes, pollo, procesadoras de atún, empresas productora de lácteos) y domésticos. Al darse este tipo de descargas que contiene grasas y químicos, el oxígeno del agua se agota y se

mueren especies acuáticas como los peces, y provocando afectación en la calidad del agua, generación de olores fétidos y problemas estéticos en el río (Figura 34).

Otra causa es el depósito de basura y desechos sólidos al río y el pobre control de la aplicación de la ley Vertido de aguas residuales sin tratamiento al río Siquiares por parte de las instituciones competentes. Y además de no contar con plantas de tratamiento eficientes en las empresas y de desarrollos urbanísticos cercanas al río Siquiares.



Figura 34. Muestra de muerte de peces por contaminación del agua, río Siquiares, Alajuela  
Fuente: Periódico La Nación 2016

Todo ello altera la calidad del agua, el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental de la Universidad de Costa Rica (2006) realizó un diagnóstico de la calidad de aguas en la microcuenca del río Siquiares y evidencia contaminación por cloruros de sodio relacionada con la descarga de aguas servidas domésticas en razón del consumo de sal en los hogares así como por la acción de desfuegos industriales.

Las demandas bioquímicas y químicas de oxígeno se ven afectadas por las descargas de aguas servidas de urbanizaciones y en época de invierno se presenta el barrido o arrastre de material acumulado de difícil biodegradación acumulado a orillas del cauce, esto producto del aumento de caudal alterando nuevamente la calidad del agua.

De acuerdo con Mena (2015) se identifican focos de contaminación físicoquímica y biológica por el uso actual del suelo específicamente en la parte alta y media de la microcuenca del río Siquiares, en los sectores del Coyal, y los distritos de Barrio San José y San Antonio.

La turbiedad del agua del río es alta que significa que la falta de claridad del agua (clase 1 y 2). También el color aparente del agua presenta valores altos hasta 320 unidades de platino-cobalto en la parte alta de la microcuenca y 150PI-CO en la parte baja, y significa que presenta altas cantidades de material en suspensión a lo largo de todo su recorrido.

El oxígeno disuelto en la parte alta y media de la microcuenca está por debajo de 5mg/L y presenta problemas de desarrollo de la vida acuática, hay menos concentración de oxígeno en el agua y limita la capacidad de purificación del agua.

Otro dato importante es el valor de nitrógeno amoniacal que es elevado que indica mucha carga orgánica en descomposición 13 mg/L, y se concentra en la parte alta y media de la microcuenca.

Finalmente el DBO cuantifica el grado de contaminación del agua, y el área de estudio presenta valores altos con una variación de 10mg/L hasta 70mg/L, que corresponde a la clase 4 y 5 para la parte alta y media, ocasionada por la contaminación de desechos orgánicos y esto demanda alta demanda de oxígeno por parte de las bacterias. En la parte baja el DBO tuvo valores bajos. El DQO igualmente tiene valores altos en la parte media y baja y en Ciruelas presenta un valor de 200mg/L.

Otra problemática que presenta la microcuenca es la *Ausencia de programas de educación ambiental enfocados al manejo de las cuencas* de la provincia que respondan al acatamiento de señalado en la Resolución N° 5894-07 de la Sala Constitucional conocida como Voto Garabito donde se requiere adoptar acciones para solucionar integralmente el problema de contaminación que existe en la cuenca del río Grande de Tárcoles proponiendo acciones para revertir el deterioro ambiental de la cuenca hidrográfica a través de la creación de sistemas de gestión ambiental integral sostenibles y de la capacitación y educación de las comunidades.

Dentro de dicha cuenca se encuentra la microcuenca Siquiares. El no contar con programas de educación ambiental en seis escuelas públicas puede incidir en el incumplimiento de la directriz y afectar la protección del recurso hídrico en el sitio de estudio.

De acuerdo con Alfaro (2016) el integrar el componente de Educación Ambiental genera una visión de la problemática ambiental propia de las comunidades y facilita el empoderamiento de la comunidad educativa y permite potenciar su impacto, generando un cambio de mentalidad.

Unido a ello se percibe un desinterés de las poblaciones por la protección del río y temas ambientales en general y se requiere trabajar fuertemente la educación ambiental para evitar la degradación de los recursos de la microcuenca.

Importante indicar que en el Plan de Desarrollo Cantonal 2012-2023 de la Municipalidad de Alajuela tiene contemplado desarrollar programas con el objeto de procurar la protección de los

recursos naturales del cantón, a partir del concepto de cuenca hidrográfica, de la cual se puede proponer estrategias didácticas de educación ambiental para conservar la microcuenca del río Siquiaries.

Otra problemática que hay es el *Impedimento para realizar proyectos de restauración del río Siquiaries*, de acuerdo a la Contraloría General de la República (2014), se han presentado trabas en los últimos años para ejecutar proyectos de restauración del río Siquiaries por parte de la oficina regional del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central, debido al no contar con propuesta formal de proyectos y el desembolso de dinero para dichos proyectos.

En conversación con funcionarios de la oficina Regional del MINAE indican que la variable económica para llevar a cabo nueve proyectos formulados ha sido una traba y además se carece de apoyo de las comunidades que participen en el desarrollo de las propuestas.

Otra problemática es el crecimiento urbano y *mala planificación del territorio* y desordenado, el uso del suelo en el cantón ha experimentado en las últimas décadas un cambio que mucha área de uso agropecuario pasó a ser de uso urbano, sin la debida planificación lo que determinó una ocupación disgregada del mismo. Por ejemplo el crecimiento urbano de la ciudad de Alajuela se está proyectando principalmente hacia el sector suroeste del perímetro central (La Guácima, Barrio San José y San Antonio), todo esto hace una mayor demanda de servicios básicos en la microcuenca como el abastecimiento de agua para el futuro en la zona de estudio hay un desarrollo de condominios y residenciales acelerado que juega un rol muy importante para el abastecimiento de agua en la zona y atender las necesidades de futuros proyectos urbanísticos e industriales, por tanto el agua puede convertir en un factor estratégico para las empresas o proyectos urbanísticos para que conserven y puedan generar mercados para la conservación de la microcuenca. Según Díaz (2016) el crecimiento de vivienda en la zona del distrito de Barrio San José fue del 210% en dos años, y se le denomina como el nuevo polo residencial.

De acuerdo con la Municipalidad de Alajuela, el distrito del Barrio San José de Alajuela donde se ubica el Coyol muestra un rápido crecimiento residencial que complementa con el auge industrial de la zona, por ejemplo, en el año 2013 se tramitaron a la municipalidad 5732 metros cuadrados y en el año 2015 aumento a 17696 metros cuadrados (Díaz 2016).

El uso pecuario se establece al suroeste de La Guácima, Turrúcares y San Rafael y el uso industrial cuenta con ocupación importante en Alajuela, San José y San Antonio, sobre el eje vial de la Autopista Bernardo Soto y también posee áreas en San Rafael.

Otro servicio a atender es de la infraestructura vial, específicamente las carreteras que hay en la microcuenca no tienen buena calidad, no posee asfaltado adecuado y la amplitud de las calles

no corresponde al desarrollo urbanístico e industrial que hay actualmente y eso repercute en la eficiencia del traslado de los habitantes de la microcuenca. A pesar que en la microcuenca hay varias rutas se colapsan, por ejemplo la ruta 27 está afectada por el mayor flujo vehicular debido al desarrollo de las zonas francas en la parte baja. El problema reside en que la visión o el enfoque de " desarrollo" que desea tener el gobierno local de la provincia de Alajuela no corresponde o coincide con las condiciones que hay actualmente lo que desencadena exceso de tráfico vehicular, mayor emisiones, afecta la calidad de vida de las personas, esto por mencionar algunos efectos.

Además Obando (2014) menciona que la red vial es limitada y es un sistema de conectividad anárquico que promueve la utilización de transporte privado y por ende la congestión vial, las calles y aceras se encuentran en mal estado, debido al constante tránsito pesado que hay en la zona debido a los desarrollos industriales que se han establecido ahí y la falta de mantenimiento.

**Cuadro 18. Matriz de análisis de los problemas biofísicos microcuenca del río Siquiara**

<b>Problemas</b>	<b>Causas</b>	<b>Efectos</b>	<b>Ubicación y actores afectados</b>	<b>Alternativas de solución</b>
<b>Principales problemas biofísicos relacionados con el uso de los recursos naturales</b>				
Poca cobertura forestal en toda la microcuenca debido al cambio de uso del suelo (0.48% cobertura forestal)	Son zonas que siempre han sido dedicados a cultivos, pastos, ganado Avance de la frontera de desarrollo de zonas francas	Poca infiltración, suelos compactos, poca fertilidad del suelo Erosión acelerada de los suelos por sobrepastoreo. Incremento escorrentía Compactación de los suelos, afectación de la infiltración	En la parte alta, media y baja de la cuenca	*Implementar programas de reforestación en sitios que se encuentran desprovistas de cobertura *Educación ambiental
Riesgo por inundación en la parte media y baja de la microcuenca	*Urbanización mal planificada- impermeabilización del terreno *Acelerado crecimiento demográfico *Efectos del cambio climático	Manejo costoso Perdidas de viviendas	Distritos en la parte media y baja	*Aplicación de Gestión de riesgo de inundaciones urbanas *Sistemas de alerta temprana
Sitios vulnerables a eventos sísmicos	* localiza un sistema de fallas	*Movimiento y ruptura de los	Distrito de Turrúcares en la	*Programa prevención

		suelos *Daños edificios, infraestructura vial y habitaciones	parte baja de la microcuenca	desastres con los distritos *Desarrollo de investigación y conocimiento *Planes de evacuación
Escorrentía superficial y poca infiltración del agua, producto de la impermeabilización de los suelos	*Zonas urbanizadas y con el suelo protegido por la capa asfáltica	Poca infiltración del agua	En distritos donde se han establecidos más proyectos industriales y urbanísticos, parte alta, media y baja de la microcuenca	*Programa de reforestación en la microcuenca

**Cuadro 19. Matriz de análisis de los problemas socioeconómicos microcuenca del río Siquiães**

<b>Problemas</b>	<b>Causas</b>	<b>Efectos</b>	<b>Ubicación y actores afectados</b>	<b>Alternativas de solución</b>
<b>Principales problemas socioeconómicos relacionados con el uso de los recursos naturales</b>				
Colapso del alcantarillado pluvial	*Crecimiento urbanístico *Topografía plana *obstrucción de alcantarillas *disminución capa permeable * diseño de alcantarillado sin considerar los cambios de crecimiento	*Mayor mantenimiento y costo económico *incremento en volumen y velocidad de escorrentía *Inundaciones en viviendas en época lluviosa	En la parte alta y media de la microcuenca	*Creación de sistemas de alcantarillado acorde al crecimiento urbanístico e industrial * Estudios técnicos de redimensionamiento de los sistemas de alcantarillado pluvial existentes
Contaminación del río Siquiães originado por residuos industriales (carne, pollo, procesadoras de atún, empresas productora de lácteos) y domésticos	*Vertido de aguas residuales sin tratamiento *Depósito de desechos sólidos y basura al río *Pobre aplicación y control de la legislación de vertidos *Baja eficiencia	*Alteración de la calidad del agua *Problemas de salud *Pérdida de fauna de los ríos *Generación de olores fétidos y problemas estéticos en el río	En la parte alta, media y baja de la microcuenca	*Implementar planes de recuperación de ríos *Uso de plantas de tratamiento *Fortalecer los procesos de educación ambiental *Responsabilidad Social Empresarial *Contar con

		en las plantas de tratamiento			medidas más drásticas y controles más efectivos que obliguen a las industrias a tener con el debido funcionamiento y capacidad adecuada en las plantas de tratamiento. *Los poblados que cuenten con plantas de tratamiento comunales para las zonas de escasos recursos las cuales traten sus aguas y sean responsables de los mismos usuarios. *Promover campañas de limpieza al río
Ausencia de programas de educación ambiental enfocados al manejo de las cuencas de la provincia	de de	*Falta de interés y responsabilidad *Poca o nula sensibilidad ambiental	*Degradación de los recursos de la microcuenca	*Escuelas de la microcuenca	*Fortalecer programas de educación ambiental en escuelas y colegios comunales y el sector industrial y comercial dirigidos para la protección de cuencas *Determinar las necesidades de capacitación de los docentes *Crear consejos de cuenca *Mayor protagonismo y liderazgo por parte del municipio
Impedimentos para realizar proyectos de restauración del río Siquiaries		*Falta de financiamiento para proyectos *Falta de apoyo de las comunidades	*Degradación de los recursos de la microcuenca	*En los márgenes del río	*Vinculación de las Universidades e Institutos de investigación con la Oficina Regional del MINAE para

				ejecutar los proyectos
Crecimiento urbano desordenado	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Aumento acelerado de la población</li> <li>*Mala planificación por medio del gobierno local</li> <li>*Carencia de actualización de planes reguladores</li> <li>*Presión en el crecimiento en la parte baja de la microcuenca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Limitación y poco acceso a los servicios básicos</li> <li>*Contaminación del agua por residuos orgánicos,</li> <li>*Presión sobre el recurso agua</li> <li>Incremento de la población</li> <li>*Mayor costo de la tierra</li> <li>Mayor demanda de servicios públicos</li> <li>*Invasión zonas de protección</li> </ul>	En distritos donde se han establecidos más proyectos urbanísticos, en toda la microcuenca	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Educación ambiental</li> <li>*Ordenamiento territorial por parte del Municipio</li> <li>*Uso de IFAS</li> <li>*Actualización de planes reguladores</li> <li>*Zonificación territorial</li> </ul>

Un potencial que tiene la microcuenca es que en ella se ubican rutas muy importantes, una de ellas es la ruta 27 hacia Caldera, y ha significado una mejora sustancial de tiempos de viaje y accesibilidad a la región del Pacífico Central. Las zonas industriales establecidas tienen una accesibilidad privilegiada, y hay cercanía al aeropuerto Juan Santa María (cuadro 20).

Asimismo existe otra vía de comunicación en la parte media de la cuenca la cual es la Radial al Coyol que comunica el intercambio de Siquiaries con el intercambio del Coyol en la Ruta 1, habilitada en junio 2012.

Dicha es la más importante del país en términos de transporte de personas y mercaderías ya que atraviesa Alajuela de este a oeste para fines movilidad de viajes interurbanos entre Alajuela y San José y viajes interregional entre la Zona Norte, Pacífico Central, Pacífico Norte y San José (Plan de Desarrollo Cantonal Alajuela 2013-2023).

Otra potencialidad que hay en la zona de estudio es la presencia de nacientes en la parte baja de la micro cuenca. En el río Siquiaries afloran cuatro nacientes principales: Cebadilla, San Miguel, Santa Rita y Siquiaries, estas se ubican en la parte baja de la microcuenca, cerca de Turrúcares y Siquiaries, son fuente de abastecimiento de agua potable de las comunidades de Siquiaries, San Miguel, Cebadilla, Ciruelas, La Trinidad, El Coyol y Turrúcares (Figura 35).

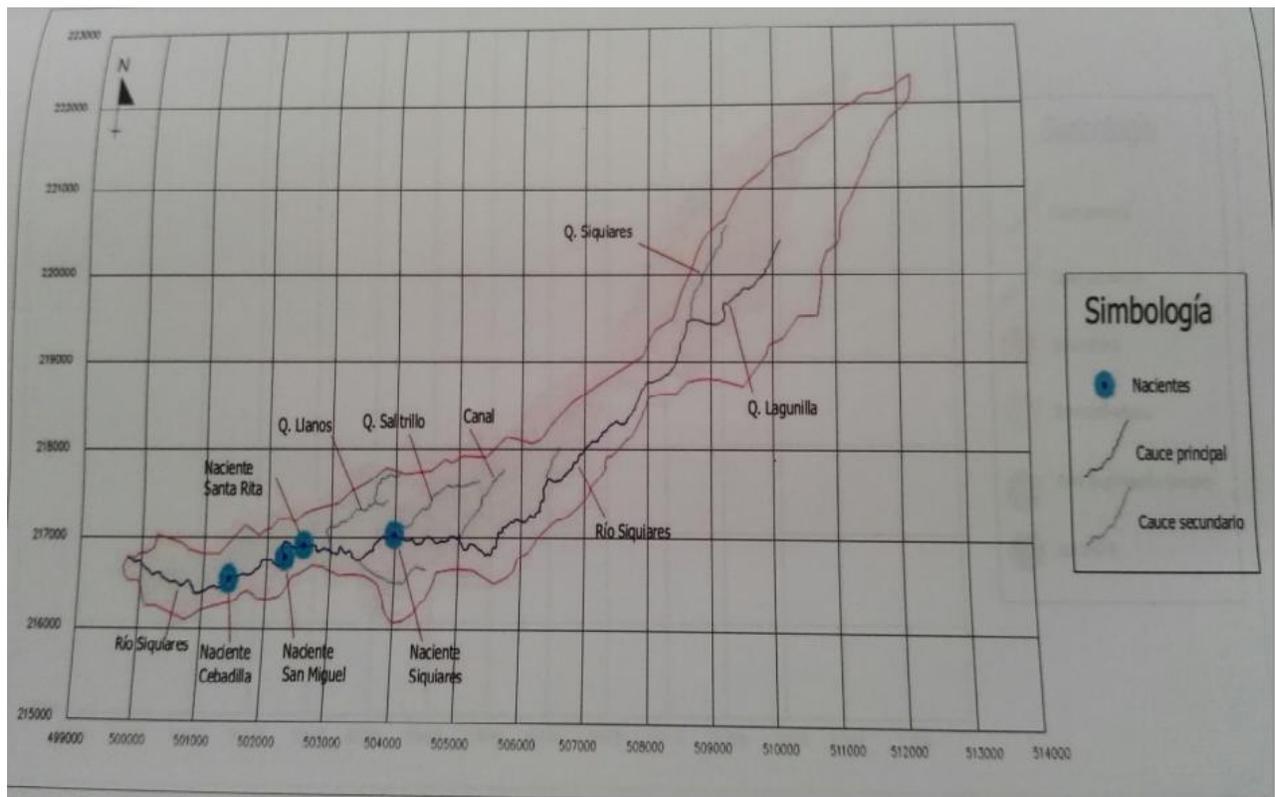


Figura 35. Nacientes y Quebradas de la microcuenca del río Siquiaraes.

Fuente: Mena 2015

La red fluvial está conformada con una serie de quebradas como Lagunilla, Siquiaraes, Los Llanos y Saltillo (Mena 2015).

Otro potencial que tiene la microcuenca es contar con la Universidad Técnica Nacional y que puede desarrollar investigación en la zona en temas de protección de cuencas y recurso hídrico. Dicha institución cuenta con un Subprograma de Gestión Integrada del Recurso Hídrico que realiza proyectos, actividades académicas de docencia y extensión dirigido a la comunidad para proteger y utilizar de manera adecuada las fuentes hídricas.

En la microcuenca existen asociaciones como ACORACI (Asociación Conservacionista de los Ríos y el Ambiente de Ciruelas), que vela por la protección del río Siquiaraes, y esto ha sido una forma de coordinación en la parte media y baja de la microcuenca. Dicha asociación no cuenta con presupuesto para trabajar, solo y trabaja con voluntad y buena fe. Si se potencia esta iniciativa podría llegar hacer un organismo de cuenca en el sitio de estudio, pero requiere apoyo por parte del gobierno local y entidades como el MINAE y el SINAC para operar con recursos financieros (Cuadro 20). Si se quisiera

hacer manejo y gestión de cuencas dicha asociación formaría parte de la participación local en la toma de decisiones para atender la problemática de la microcuenca.

**Cuadro 20. Matriz de análisis de potencialidades, riesgos y vulnerabilidades en el contexto de la gestión de la microcuenca del río Siquiares**

<b>Identificación</b>	<b>Limitantes</b>	<b>consecuencias</b>	<b>Zonas de ubicación y actores afectados</b>	<b>Alternativas de solución</b>
<b>Potencialidades</b>				
Ubicación de vías de comunicación importantes (ruta 27 y Radial del Coyol)	Deficiencias en pavimento para soportar el tránsito generado por la expansión de la zona industrial.	*Crecimiento territorial desordenado *Disminución de la inversión industrial	Parte media de la microcuenca	*Intervención del gobierno local para mantener las vías en buen estado
Presencia de nacientes en la parte baja de la microcuenca	Poco apoyo en investigación	*Contaminación y degradación de las nacientes	Parte baja de la microcuenca	
Aprovechar el desarrollo de investigación por parte de la Universidad Técnica Nacional en el tema de manejo de cuencas, recurso hídrico e impacto del cambio climático.	*Mayor compromiso en desarrollo de investigación y extensión dirigida al manejo de cuencas y recursos hídricos de la provincia de Alajuela	*Degradación de los recursos *Falta de compromiso ambiental	Toda la cuenca	*Generación de proyectos de extensión e investigación relacionados con la protección de cuencas y recursos hídricos
Hacer uso de comisiones u asociaciones de la microcuenca que trabajan en acciones para proteger los recursos naturales como mecanismo estratégico para manejar la cuenca	*Compromiso y dialogo de las personas *Financiamiento *Débiles canales de comunicación	**Degradación de los recursos De la cuenca	Toda la cuenca	*Empoderar los grupos organizados y asociaciones que trabajan en la protección de la cuenca *Brinda financiamiento para desarrollar

<b>Identificación</b>	<b>Limitantes</b>	<b>consecuencias</b>	<b>Zonas de ubicación y actores afectados</b>	<b>Alternativas de solución</b>
				proyectos *Crear alianzas con el SINAC para trabajar de manera conjunta con las comunidades
<b>Identificación</b>	<b>Limitantes</b>	<b>Efectos (consecuencias)</b>	<b>Zonas de ubicación y actores afectados</b>	<b>Alternativas de solución</b>
<b>Riegos y vulnerabilidad</b>				
1.Inundaciones de zonas	*Sitios cubiertos por proyectos residenciales, industriales y urbanísticos	**Pérdida de viviendas y danos materiales	Distritos en la media y baja	*Educación ambiental para prevenir eventos *Activación de brigadas de emergencia
2.Susceptible a eventos sísmicos	*Zona con fallas	*Pérdida de viviendas y danos materiales	En la parte cuenca media y baja	*Educación ambiental para prevenir eventos sísmicos

## **6. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

- Los resultados de los parámetros morfo métricos (forma, relieve, perfil) indican el comportamiento y funcionamiento hidrológico de la microcuenca para posibles estrategias de manejo.
- La topografía y pendiente de la microcuenca del río Siquiaries se comportas muy similar a la descripción de cantón de Alajuela en la parte media y baja de la cuenca por su mayoría de sitios con relieve plano. La mayor parte de la microcuenca posee una topografía plana y con pendientes que oscilan entre 7 y 24%. Esta característica hace que el área de estudio sea apta para el asentamiento humano y desarrollo de actividades industriales y comerciales.
- La microcuenca del río Siquiaries está compuesta en la parte alta por suelos tipo inceptisoles y andisoles, en la parte media tiene suelos tipo vertisoles y en la parte baja suelos tipo ultisoles.
- El uso del suelo de la microcuenca corresponde a pastos con 53,31 %, seguido por 20.27% urbano, 16.39 % cultivos variados, 9.66% charrales y 0.47% bosques.
- La capacidad de uso del suelo de la microcuenca, la parte alta se clasifica en la clase III y IV y la parte media y baja está compuesta por la clase III en su mayoría.
- El área de estudio según posee un 90% de uso conforme del suelo y un 9.62% de uso no conforme, lo que puede indicar que está siendo bien utilizado.
- El grado de erosión del suelo que presenta la microcuenca en su mayoría es baja y corresponde a un área de la microcuenca de 627 ha.

- Las amenazas naturales la microcuenca del río Siquiaries más importantes son baja probabilidad de inundación y amenazas sísmicas hacia el sur del cantón de Alajuela, localizado en un sistema de fallas en el sector de La Garita de Alajuela, El Coyol y Turrúcares.
- En general de educación el cantón de Alajuela posee 98.22% de alfabetismo, lo cual es un indicador muy positivo, y dentro de la microcuenca existen 6 centros educativos de educación primaria.
- La zona de estudio posee cuatro nacientes de las cuales son fuente de abastecimiento de agua potable de las comunidades de Siquiaries, San Miguel, Cebadilla, Ciruelas, La Trinidad, El Coyol y Turrúcares. El cantón de Alajuela es abastecido por varios entes: la Municipalidad de Alajuela, ICCA y acueductos rurales.
- De acuerdo a la organización local no existe comités de cuenca y la oficina regional del SINAC posee proyectos ambientales para mejorar las condiciones del río Siquiaries.
- El área de estudio posee características que lo hacen atractivo para el desarrollo de deporte ciclismo en la parte media y baja de la microcuenca, también existen sitios turísticos como el ZOOAVE, restaurantes, Jardín Botánicos, entre otros.
- La microcuenca del río Siquiaries se puede catalogar como urbana con un fuerte potencial de crecimiento industrial y urbano
- El diagnóstico permitió identificar las problemáticas existentes en la microcuenca del río Siquiaries que sirven para la toma de decisiones de manejo y gestión y para poder planificar la microcuenca y puede brindar elementos para un posible plan y manejo de la cuenca

### **Recomendaciones**

- Alrededor de una 50% de la microcuenca está compuesta por área de pastos en la parte baja se recomienda implementar prácticas de manejo de pastos mejorados y sistemas silvopastoriles para aumentar la cobertura boscosa
- Trabajar con las comunidades, escuelas, empresas y colegios en temas de educación ambiental para brindar información sobre el estado actual de la microcuenca del río Siquiaries.
- Crear un organismo de cuenca para realizar acciones concretas para mejorar atender la problemática actual y generar estrategias de mejora en los recursos en la microcuenca
- Crear vínculos con las universidades para generar proyectos de investigación y extensión en la zona de estudio

- Recuperar el estado del río de la micro cuenca con una adecuada planificación con estrategias de cogestión de cuencas
- Asegurar la eficiencia en los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las empresas para evitar una contaminación masiva en la calidad del agua de la microcuenca del río Siquiares.
- Mayor protagonismo y acción por parte del gobierno local para hacer cumplir la normativa de vertido de aguas residuales a los cuerpos de agua
- Desarrollar la educación ambiental como parte de su protección y manejo sostenible es de vital

## **7. BIBLIOGRAFIA**

Alfaro, L.2015. Propuesta didáctica de educación ambiental para la conservación de la microcuenca del río Siquiara, dirigido a docentes del primer ciclo en seis escuelas públicas del cantón central de Alajuela, durante el período 2015 Anteproyecto del trabajo final de graduación para optar al grado de Licenciatura en Docencia. Costa Rica. UNED.77 p.

Banco Interamericano de Desarrollo Departamento de Desarrollo Sostenible División de Medio Ambiente TC-03-04-02-3-RS. 2005. Buenas Prácticas para la Creación, Mejoramiento y Operación Sostenible de Organismos y Organizaciones de Cuenca. BID, Costa Rica. 51p.

CATIE.2011.Caracterización, diagnóstico, línea base y zonificación territorial de la cuenca del río Jesús María. (En línea). Consultado el 24 de marzo del 2017. Disponible en [http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/consultorias\\_investigaciones/ce\\_psa\\_005.pdf](http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/consultorias_investigaciones/ce_psa_005.pdf)

Centro de Investigación en Contaminación Ambiental CICA. Universidad de Costa Rica. (2006). Diagnóstico de la calidad de aguas en la cuenca del Río Siquiara. Alajuela: Universidad de Costa Rica. 77p.

Contraloría General de la República. División de Fiscalización Operativa y Evaluativa. Área de Fiscalización de Servicios Ambientales y Energía. 2014. Informe de la auditoría de carácter especial acerca de la ejecución de proyectos de restauración y reparación del Río Siquiara por parte del Ministerio de Ambiente y Energía. Informe N° DFOE-AE-IF-15-2014. San José: Contraloría General de la República. 15p.

Contraloría General de la República (CGR). División de Fiscalización Operativa y Evaluativa. Área de Fiscalización de Servicios Ambientales y Energía. 2014. Informe de la auditoría de carácter especial acerca del cumplimiento de las obligaciones establecidas en la normativa para el resguardo de las áreas de protección de los ríos ubicados en la gran área metropolitana. San José.CR.35 p.

Decreto No. 32967, 2007. Voto Garabito. Sala Constitucional. Costa Rica. 2007.

Díaz, R. 2016.El Coyol es nuevo polo residencial. Periódico La Republica. San José.CR. (en línea).Consultado el 6 de diciembre 2016. Disponible [https://www.larepublica.net/noticia/el\\_coyol\\_es\\_nuevo\\_polo\\_residencial](https://www.larepublica.net/noticia/el_coyol_es_nuevo_polo_residencial)

Fallas, C.2016.Periódico La Nación: Espacio industrial en el Coyol creció 50% en últimos cinco años. (en línea).Consultado el 30 de diciembre 2016. [http://www.nacion.com/m/economia/empresarial/Espacio-industrial-Coyol-crecio-ultimos\\_0\\_1606439360.html](http://www.nacion.com/m/economia/empresarial/Espacio-industrial-Coyol-crecio-ultimos_0_1606439360.html)

Faustino, J y Chaves, G. 2015. Unidad III: Análisis de contexto, caracterización y diagnóstico. Costa Rica. CATIE, Turrialba.27 p.

Faustino, J y Chaves, G. 2015. Unidad I: Bases conceptuales del manejo, gestión y cogestión de cuencas hidrográficas. Costa Rica. CATIE, Turrialba.45 p.

Fernández, R., & Oreamuno, R. 2009. Estudio Hidrogeológico para los cauces de los Ríos Alajuela, Ciruelas y Siquiaries. Alajuela: Dhica Diseños Hidráulicos de Centroamérica. Diseño y Consultoría en Hidrología y Obras Hidráulicas. 5-19 pp.

Fuentes, J. 2004. Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancitaro. Instituto Nacional de Ecología. 47 p.

Gaspari, F.; Rodríguez, A; Senisterra, G, Besteiro, S y Delgado, M.2013.Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de la Plata, Chile.191 p.

Gómez, C. 2009. Evaluación del nuevo Reglamento de Vertido de Aguas Residuales en Cuerpos de Agua: Estudio Siquiaries. Tesis Lic. Ing. San José, CR, UCR, 2009. 131 p.

Guías de Costa Rica. 2013. División Administrativa. (En línea). San José, CR. Consultado 10 julio. 201. Disponible en <http://www.mapasdecostarica.info/provi/alajuela.htm>

Henríquez, C; Cabalceta, G; Bertsch, F y Alvarado, A. s.f. Principales Suelos de Costa Rica. (En línea). Consultado el 20 de enero del 2017. Disponible en [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/suelos-cr.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html)

Informe Estado de la Nación Vigésimo Primero. 2015. Capítulo 6. Ordenamiento territorial: implicaciones para el desarrollo humano. San José Costa Rica. (En línea). Consultado el 12 de mayo 2016. Disponible en <http://www.estadonacion.or.cr/21/assets/en-21-cap-6-en-2015.pdf>

INEC. 2016. Proyecciones distritales de la Población total por grupos de edades, según provincia, cantón, distrito y sexo para el periodo 2011-2025. San José. Costa Rica. (En línea). Consultado el 7 de diciembre 2016. Disponible en <http://www.inec.go.cr/poblacion/estimaciones-y-proyecciones-de-poblacion>.

INEC. 2015. VI Censo Nacional Agropecuario Características de las fincas y de las personas productoras. (En línea). Consultado el 10 de enero 2017. Disponible en [http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/agropecuario/publicaciones/reagropeccenagr\\_o2014-ti-006.pdf](http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/agropecuario/publicaciones/reagropeccenagr_o2014-ti-006.pdf)

Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2016. Datos climáticos. San José. Costa Rica. (En línea). Consultado el 17 de junio 2016. Disponible en <https://www.imn.ac.cr/inicio>

Jiménez, F; Faustino J. 2011. Unidad II: Caracterización y diagnóstico de cuencas hidrográficas. Costa Rica. CATIE. Turrialba. 23 p.

Jiménez, R. S.f. Uso conforme del suelo: Una necesidad para Costa Rica, en el uso agrario de la tierra y el ordenamiento. Costa Rica. 6 p.

Madrigal, K. 2016. Subestación eléctrica en Zona Franca Coyol entró en funcionamiento. Periódico La Republica. San José. CR. (en línea). Consultado el 6 de diciembre 2016. Disponible [https://www.larepublica.net/noticia/subestacion\\_electrica\\_en\\_zona\\_franca\\_Coyol\\_entro\\_en\\_funcionamiento](https://www.larepublica.net/noticia/subestacion_electrica_en_zona_franca_Coyol_entro_en_funcionamiento)

Marozzi, M. Antología de casos de estudio en la cuenca del río Virilla. (Segunda parte). Escuela de Economía de la Universidad Nacional de Costa Rica (en línea). Consultado el 1 de marzo 2016. Disponible en <http://documents.mx/documents/ant2-cuenc-rio-virilla.html>

Mena, O.2015. Elaboración de un perfil de contaminación para conocer el estado actual de la Cuenca del Río Siquiaries. Tesis Lic. Ing. San José, CR, UCR, 2015. 97 p.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 1995. Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica. San José. Costa Rica. Segunda Edición.60 p.

Municipalidad de Alajuela. 2007. Documento Perfil del Proyecto: Calidad del Agua en la Cuenca del río Siquiaries. Alajuela. 7p.

Municipalidad de Alajuela.2012. Plan de Desarrollo Cantonal 2013-2023.Alajuela. Costa Rica. (En línea).Consultado el 6 de mayo 2016. Disponible en <http://www.munialajuela.go.cr/app/contenido/documentos/PLANDESARROLLOCANTONAL2013-2023.pdf>

Municipalidad de Alajuela.2013. Plan Integral de Residuos Sólidos de Alajuela 2013-2017. Costa Rica. (En línea).Consultado el 22 de marzo 2017. Disponible en <http://www.munialajuela.go.cr/app/contenido/PMGIRSAlejuela.pdf>

Obando Fernández, A.2014. Nuevo Centro Urbano de Ciruelas de Alajuela: nodo habitacional y de uso mixto - Corredor Urbano San Rafael – Turrúcares. Tesis Lic. Ing. San José, CR, UCR, 2009. 207 p.

Periódico La Nación.2016. Vecinos de Ciruelas de Alajuela denuncian muerte de cientos de peces por contaminación de río. Costa Rica. (en línea). Consultado el 5 de mayo 2016. Disponible en [http://www.nacion.com/nacional/comunidades/Vecinos-Ciruelas-Alajuela-denuncian-contaminacion\\_0\\_1558844171.html](http://www.nacion.com/nacional/comunidades/Vecinos-Ciruelas-Alajuela-denuncian-contaminacion_0_1558844171.html)

Ley Forestal no. 7575. Art. 33. Diario Oficial La Gaceta. Costa Rica. 5 feb., 1996.

Ley de Aguas no. 276. Art. 145. Diario Oficial La Gaceta. Costa Rica. 27 agosto., 1942.

Oreamuno, R y Fernández, R. 2009. Estudio hidrogeológico para los cauces de los ríos Alajuela, Ciruelas y Siquiares: Informe de avance no.1: Características físicas y climáticas de las cuencas. 20 p.

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) Grupo de Trabajo 2, 2001. Third Assessment Report, Annex B: Glossary of Terms. (En línea). Consultado el 12 de mayo 2016. Disponible en [http://www.careclimatechange.org/tk/integration/es/conceptos\\_clave/vulnerabilidad\\_al\\_cambio\\_climatico.html](http://www.careclimatechange.org/tk/integration/es/conceptos_clave/vulnerabilidad_al_cambio_climatico.html)

PROCOMER. 2015. Lista de empresas de zonas francas del Coyo de Alajuela. (En línea). Consultado el 2 de marzo 2016. Disponible en <http://www.procomer.com/es/exportador/zonasfrancas#informacion>

Programa Radial Amelia Rueda. 2015. Costa Rica. (En línea). Consultado el 4 de mayo 2016. Disponible en <http://www.ameliarueda.com/nota/pais-tendra-primer-fondo-de-agua-para-proteger-fuentes-en-cuencas>

Programa de Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental (PREVDA). 2008. Plan de cuenca del Río Reventazón-Parismina 2008 – 2010. Costa Rica. (En línea). Consultado el 25 de marzo del 2017. Disponible en <http://www.pvolcan2.odd.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2011/07/PLAN-DE-CUENCA-REVENTAZON-PARISMINA-VERSION-2-6-081.pdf>

Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia. (27 de abril de 2007). Sentencia Nº 05894 de Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia conocida como Voto Garabito. Recuperado de <http://vlex.co.cr/vid/-499117278>

SETENA-IPS.2001. Valoración Económica del Daño Ambiental Ocasionado por el Proyecto Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos, Coyo de Alajuela, Expediente Administrativo 0421-98-SETENA. Costa Rica. (En línea). Consultado el 5 de mayo 2016. Disponible en <http://www.ips.or.cr/Publicaciones/Caso%20Dos%20pinos.pdf>

SINAC (Sistema Nacional de Sistemas de Conservación).2015.Programa de Cuencas Hidrográficas. Costa Rica. (En línea). Consultado el 4 de mayo 2016. Disponible en <http://www.sinac.go.cr/AC/ACOSA/Programas/ProgCuencas/Paginas/default.aspx>

SINAC. 2017. Proyecto de recuperación y restauración del río Siquiaries, Alajuela

Ramírez, L, Alvarado, A y Pujol, R. 2008. Caracterización física de la cuenca media del río Reventado, Cartago, Costa Rica. Revista Agronomía Costarricense 32(2): 73-92. (En línea). Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YwDTQVFJuXEJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2930016.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk>

Ramírez, O. 2013.Periodico La Segunda: Alajuela se prepara contra las emergencias. (En línea) Consultado el 15 de diciembre del 2016. Disponible en <http://www.ciudaddelosmangos.com/pdf/15EdiciondeLaSegunda.pdf>

Retana, K. 2016.El Coyol se transforma en imán para empresas locales. Periódico La Republica. San José.CR. (en línea).Consultado el 6 de diciembre 2016. Disponible <https://www.larepublica.net/noticia/el-coyol-se-transforma-en-iman-para-empresas-locales>

Rojas, N. 2011. Cuenca del río Grande de Tárcoles. Ministerio de Ambiente y Energía – Instituto Meteorológico Nacional – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 23p.

Velázquez, S 2016. Laboratorio: Delimitación de cuencas y morfometria, curso Hidrología I. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 124 p.

Watler W y Faustino .2013. Unidad II: Construcción del plan de gestión de cuencas hidrográficas. CATIE. Turrialba. Costa Rica.86 p.

Watler W; Jiménez, F, Faustino, J .2013. Unidad I: Bases conceptuales de manejo y gestión en cuencas hidrográficas. CATIE. Turrialba. Costa Rica.71 p.

## 8. ANEXOS

**Anexo 1.** Problemas de la microcuenca del río Siquiares relacionados al uso de los recursos naturales

<b>Problemas biofísicos relacionados con el uso de los recursos naturales</b>
<b>1</b>
<b>2</b>
<b>3</b>
<b>4</b>
<b>5</b>
<b>n</b>
<b>Problemas socioeconómicos relacionados con el uso de los recursos naturales</b>
<b>1</b>
<b>2</b>
<b>3</b>
<b>4</b>
<b>5</b>
<b>n</b>

Fuente: Watler W y Faustino 2013

**Anexo 2.** Potencialidades, riesgo y vulnerabilidad en el contexto de la gestión de la microcuenca del río Siquiares

<b>Potencialidades</b>
<b>1</b>
<b>2</b>
<b>3</b>
<b>4</b>
<b>5</b>
<b>n</b>
<b>Riesgos y vulnerabilidades</b>
<b>1</b>
<b>2</b>
<b>3</b>
<b>4</b>
<b>5</b>
<b>n</b>

Fuente: Watler W y Faustino 2013

**Anexo 3.** Matriz de análisis de los problemas biofísicos y socioeconómicos microcuenca del río Siquiares

<b>Problemas</b>	<b>Causas</b>	<b>Consecuencias (efectos)</b>	<b>Zonas de ubicación y actores afectados</b>	<b>Alternativas de solución</b>
<b>Principales problemas biofísicos relacionados con el uso de los recursos naturales</b>				
<b>1</b>				

2
3
4
5
n
<b>Principales problemas socioeconómicos relacionados con el uso de los recursos naturales</b>
1
2
3
4
5
n

Fuente: Watler W y Faustino 2013

**Anexo 4.** Matriz de análisis de potencialidades, riesgos y vulnerabilidades en el contexto de la gestión de la cuenca

<b>Identificación</b>	<b>Limitantes</b>	<b>Efectos (consecuencias)</b>	<b>Zonas de ubicación y actores afectados</b>	<b>Alternativas de solución</b>
<b>Potencialidades</b>				
1				
2				
3				
4				
5				
n				
<b>Identificación</b>	<b>Limitantes</b>	<b>Consecuencias (efectos)</b>	<b>Zonas de ubicación y actores afectados</b>	<b>Alternativas de solución</b>
<b>Riesgos y vulnerabilidades</b>				
1				
2				
3				
4				
5				
n				

Fuente: Watler W y Faustino 2013