

Universidad de Costa Rica  
Facultad de Ciencias Sociales  
Escuela de Geografía

**Propuesta de zonificación ambiental para la actualización del perfil técnico  
del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Costa Rica, 2015**

Memoria de Práctica Dirigida  
Para optar por el grado de Licenciatura en Geografía

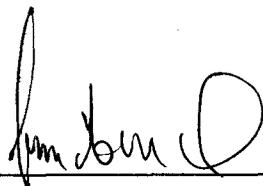
Fabián Solano Monge

2015

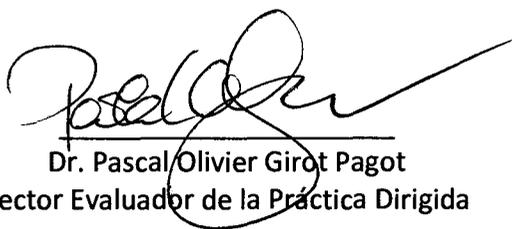
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio



**Tribunal Examinador**



DEA. Luis Guillermo Brenes Quesada  
Director de la Práctica Dirigida



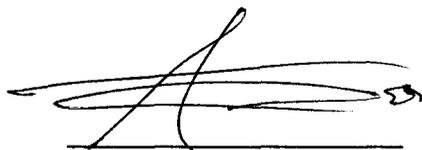
Dr. Pascal Olivier Girot Pagot  
Lector Evaluador de la Práctica Dirigida



M.Sc. Xinia Escalante González  
Lector Evaluador de la Práctica Dirigida

*Luis Guillermo Artavia R*

M.Sc. Luis Guillermo Artavia Rodríguez  
Representante de la Dirección Escuela de Geografía



Fabián Solano Monge  
Sustentante Trabajo Final de Graduación

***Dedicatoria***

*Mujer luchadora, ejemplo de vida y de fortaleza*

*Con todo mi amor para mi apreciada y mi querida abuela*

*Mami Amalia*

## Agradecimientos

La mejor enseñanza que me han inculcado mis padres, Laura y Guillermo, ha sido el esfuerzo y el empeño en el ámbito académico, a ellos agradezco porque sin su ayuda y apoyo mi educación superior no habría sido posible; más que mi logro es el fruto de su esfuerzo y perseverancia, por el cual estaré agradecido por siempre.

El apoyo, las observaciones y las motivaciones constantes de mis hermanos David, Julio César y Juan Pablo fueron de gran ayuda, les agradezco porque nunca me hizo falta un par de palabras para seguir adelante, a los pequeños de la casa Emmanuel y Samuel también les escribo un par de líneas por su apoyo constante y único de la familia, que realmente lo aprecio.

Durante mis seis años de estudios en la universidad conocí a dos estupendas personas, grandes amigas y colegas, Mónica y Verónica; aprecio tantos ratos juntos entre giras, clases, trabajos finales y tiempo libre, gracias por toda la ayuda durante la universidad y durante el desarrollo de mi trabajo final de graduación, les agradezco por tantos consejos, por nuestra confianza y de verdad, gracias por nuestra amistad.

A mis amigas Grettel, Yuliana y Daniela les agradezco por cada momento juntos, por siempre querer escucharme y por toda la ayuda dada para que yo lograra este objetivo. Gracias por nuestras tertulias, tardes de café y de señoras y por tantos abrazos, risas y por toda la buena actitud que tuvieron conmigo.

Guillermo Brenes, director de mi práctica dirigida, su labor fue de gran apoyo, profesor estoy agradecido con su persona por la dirección durante el proyecto, por cada corrección y por cada palabra de aliento, gracias por dejarme insistir y fomentar mi voz y opinión dentro de lo que se debía hacer en el proyecto, por dejarme ser un irresponsable responsable e ir a mi ritmo para presentar y lograr este objetivo.

Doña Xinia Escalante, le agradezco por abrirme las puertas en el Corredor Biológico, por dejarme desarrollar la práctica dirigida, por la guía profesional prestada y por la confianza y por el aprecio que siempre me demostró. Además agradezco a todas las personas del Consejo Local que me ayudaron con información y bases de datos, por las palabras de aliento y por los elogios al finalizar la presentación de la práctica dirigida. También le agradezco a todo el personal del Corredor Biológico, en especial a Jenaro y a doña Zelma, que me hicieron sentir, desde un inicio, parte del lugar.

A mis tutores Pascal Girot y Guillermo Artavia, les estoy muy agradecido por cada corrección del documento y cada consejo dado para que pudiera culminar esta etapa con

distinción, gracias por aceptarme como estudiante y confiar en que el proyecto, la temática y desarrollo pudiera lograrse de forma efectiva y profesional.

Por último les doy las gracias a todos mis amigos y personas apreciadas que mostraron interés, preocupación y ayuda para que lograra este cometido, por cada frase motivadora que me impulsaba a seguir adelante para culminar con esta meta de vida.

# Índice General

1. Capítulo I: Aspectos introductorios .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación .....	3
1.3. Antecedentes .....	5
1.4. Marco teórico .....	8
1.5. Problema de investigación .....	16
1.6. Objetivos .....	18
1.7. Metodología .....	19
1.8. Área de estudio .....	29
2. Capítulo II: Delimitación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar .....	30
2.1. Criterios de cuenca hidrográfica .....	30
2.1.1. Aspectos fundamentales de la gestión de cuencas .....	30
2.1.2. Gestión de cuencas en corredores biológicos .....	32
2.1.3. Manejo de cuencas en corredores biológicos .....	32
2.2. Criterios legales .....	33
2.3. Criterios de conectividad .....	38
2.3.1. Caracterización de la flora .....	39
2.3.2. Caracterización de la fauna .....	43
2.4. Análisis de sitio: paisaje, cobertura urbana y calidad del agua de la microcuenca del río María Aguilar .....	51
2.4.1. Paisaje de la microcuenca del río María Aguilar .....	51
2.4.2. Cobertura urbana histórica de la microcuenca del río María Aguilar .....	58
2.4.3. Calidad del agua del río María Aguilar .....	58
3. Capítulo III: Indicadores para la zonificación ambiental del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar .....	61
3.1. Densidad poblacional .....	61
3.2. Aspectos hídricos .....	65
3.3. Uso de la tierra .....	70
3.4. Divergencia del uso de la tierra .....	75
3.5. Índice de Fragilidad Ambiental .....	78
3.6. Índice de Estabilidad Ecodinámica .....	81

3.7. Zonificación de riesgo .....	84
4. Capítulo IV: Propuesta de zonificación ambiental para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar .....	88
4.1. Criterios de ordenamiento territorial en la zonificación ambiental .....	88
4.1.1. Calidad del hábitat.....	88
4.1.2. Protección y manejo ambiental.....	89
4.1.3. Competitividad territorial.....	90
4.1.4. Planificación y desarrollo urbano .....	90
4.2. Aplicación del método Saaty de Jerarquías Analíticas .....	91
4.3. Propuesta de zonificación ambiental .....	93
4.4. Niveles de intervención de la zonificación ambiental .....	95
5. Capítulo V: Conclusiones .....	102
6. Capítulo VI: Recomendaciones .....	106
7. Referencias bibliográficas .....	110

## Índice de Ilustraciones

Mapa 1: Área de Estudio, Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar.....	29
Diagrama 1: Criterios para la gestión y manejo de cuencas, aplicado al Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. ....	31
Imagen 1: Vista del área ambiental reforestada del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar en Barrio Cuba.....	40
Imagen 2: Especie <i>Acnistus arborescens</i> del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar .....	42
Imagen 3: Especies de mariposas cultivadas en el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar .....	44
Imagen 4: Avistamientos de especies de aves del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar .....	47
Imagen 5: Avistamientos de especies de mamíferos del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar .....	48
Mapa 2: Delimitación del Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar, basada en criterios de conectividad, marco legal y gestión de cuencas.....	50
Imagen 6: Paisaje de la cuenca alta del río María Aguilar .....	52
Imagen 7: Paisaje de la cuenca media del río María Aguilar .....	53
Imagen 8: Paisaje de la cuenca baja del río María Aguilar.....	54
Mapa 3: Precarios ubicados en zonas cercanas al Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. ....	57
Imagen 9: Sólidos suspendidos en el río María Aguilar en el sector de Mata Redonda .....	59
Imagen 10: Contaminación en las orillas del río María Aguilar, sector de Hatillo .....	60
Mapa 4: Densidad Poblacional por Distrito del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. ....	64
Imagen 11: Naciente del río María Aguilar ubicada en los terrenos del Acueductos y Alcantarillados en Concepción, La Unión.....	66
Imagen 12: Naciente del río María Aguilar ubicada en el Hospital Psiquiátrico Chacón Paut en Concepción, La Unión.....	67
Mapa 5: Aspectos hídricos: ríos, pozos, nacientes y acuíferos del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar.....	69
Imagen 11: Agricultura urbana ubicada en el distrito Mata Redonda, San José .....	71
Mapa 6: Uso de la tierra del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar.....	74
Imagen 12: Tierras subutilizadas en el sector Zapote - San Francisco de Dos Ríos, San José .....	76
Mapa 7: Divergencia en el uso de la tierra del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar... ..	77
Mapa 8: Índice de Fragilidad Ambiental para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. ....	80
Imagen 13: Zonas inestables en Zapote según el índice de Estabilidad Ecodinámica .....	82

Mapa 9: Índice de Estabilidad Ecodinámica para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. ....	83
Imagen 14: Zonas de riesgo muy alto en Tirrases, según la zonificación de riesgo .....	85
Mapa 10: Zonificación de riesgo para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. ....	86
Imagen 15: Viviendas ubicadas en los márgenes del río María Aguilar, sector Concepción de La Unión .....	89
Mapa 11: Propuesta de Zonificación Ambiental por niveles de intervención para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. ....	94
Imagen 16: Zonas de intervención muy alta, sector de la cuenca alta del río María Aguilar .....	95
Imagen 17: Zonas de intervención muy alta, sector Granadilla .....	96
Imagen 18: Zonas de intervención alta, sector Hatillo .....	97
Imagen 19: Ejemplo de zonas de intervención moderada, sector Mata Redonda .....	98
Imagen 20: Zonas de intervención moderada, sector Granadilla .....	98
Imagen 21: Ejemplos de intervención baja, reforestación en el Parque de la Paz .....	99
Imagen 22: Ejemplos de intervención baja, sector Zapote.....	100
Imagen 23: Ejemplos de intervención muy baja, campañas de educación ambiental en Festival TransiTarte .....	100
Imagen 24: Zonas de Muy Baja Intervención para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar .....	101

## Índice de Cuadros

Cuadro 1: Clasificación de Pendientes .....	20
Cuadro 2: Matriz de divergencia del uso de la tierra .....	22
Cuadro 3: Matriz del índice de estabilidad ecodinámica .....	23
Cuadro 4: Indicadores para la zonificación ambiental .....	24
Cuadro 5: Matriz comparación de pares a completar .....	25
Cuadro 6: Escala de Medición de Saaty para criterios binarios .....	25
Cuadro 7: Tabla de índices aleatorios para matrices según Saaty .....	26
Cuadro 8: Categoría por atributo y peso ponderado .....	28
Cuadro 9: Precarios ubicados en el área del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar .....	56
Cuadro 10: Densidad poblacional por cantón y distrito para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar .....	63

## Índice de Abreviaturas

**ACCVC:** Área de Conservación Cordillera Volcánica Central  
**AGECO:** Asociación Gerontológica Costarricense  
**ASP:** Áreas Silvestres Protegidas  
**AYA:** Acueductos y Alcantarillados  
**CATIE:** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
**CBIMA:** Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar  
**CBM:** Corredor Biológico Mesoamericano  
**CBI:** Corredor Biológico Interurbano  
**CCP:** Centro Centroamericano de Población  
**CNE:** Comisión Nacional de Emergencias  
**CNFL:** Compañía Nacional de Fuerza y Luz  
**GEF:** Fondo para el Medio Ambiente Mundial  
**IGN:** Instituto Geográfico Nacional  
**ITCR:** Instituto Tecnológico de Costa Rica  
**MEP:** Ministerio de Educación Pública  
**MINAE:** Ministerio de Ambiente y Energía  
**MIVAH:** Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos  
**MS:** Ministerio de Salud  
**MSJ:** Municipalidad de San José  
**ONU:** Organización de las Naciones Unidas  
**PNCB:** Programa Nacional de Corredores Biológicos  
**PNOT:** Política Nacional de Ordenamiento Territorial  
**PNUD:** Programas de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
**PSA:** Pago por servicios ambientales  
**SINAC:** Sistema Nacional de Áreas de Conservación  
**UCR:** Universidad de Costa Rica  
**UICN:** Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza  
**ZP:** Zona Protectora

## Resumen

La investigación se desarrolla desde la Geografía tomando como referencia el enfoque de conservación ambiental en Biogeografía, el manejo de cuencas hidrográficas y la gestión integrada del recurso hídrico. Este proyecto es un análisis del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, en la Cuenca del río Grande de Tárcos y subcuenca del río Virilla, respecto a la actualización de indicadores, una propuesta en la delimitación y una propuesta de zonificación ambiental; teniendo como fin solventar la fragmentación ecológica y paisajística en sitios urbanos y la ausencia de conectividad entre áreas silvestres protegidas.

En la investigación se aplicó, sobre el área de estudio, la metodología de pares ordenados de Saaty para determinar el grado de intervención requerida sobre áreas específicas. En el primer capítulo se plantean los fundamentos para el análisis, este es un marco introductorio que presenta: objetivos, problema de investigación, fundamento teórico y metodológico para cada apartado del proyecto.

En el segundo capítulo, la delimitación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, se elabora el análisis de una delimitación que se ajuste a las características históricas de manejo del Corredor Biológico; este capítulo se basa en un estudio legal según la normativa costarricense e internacional, además se basa en descripciones de conectividad de especies y de paisajes en función de la caracterización de la flora y la fauna presente y usuaria, y se basa en criterios de gestión y manejo de cuencas hidrográficas. Por último se incluye un diagnóstico de sitio sobre el área propuesta que contempla el paisaje y específicamente se hace detalle en la cobertura urbana histórica y la calidad del agua de los cauces y ríos de la zona.

El tercer capítulo funciona como conector entre la delimitación propuesta y el estudio de zonificación ambiental, en este apartado se detallan los indicadores que serán usados como insumos para el cuarto capítulo. Esta sección posee diferentes análisis, primeramente uno sobre la densidad poblacional basado en el Censo de 2011; una caracterización hídrica detallada sobre pozos, acuíferos, nacientes y red hídrica; un análisis a partir de imágenes satelitales sobre el uso de la tierra y a partir de este y de la capacidad de uso se elabora un análisis sobre la divergencia en el uso de la tierra; además se desarrolla la aplicación de las diferentes aptitudes para la construcción del Índice de Fragilidad Ambiental, aprobado por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental; conjuntamente basado en datos históricos sobre eventos de erupciones, sismos, deslizamientos e inundaciones se elabora una zonificación de riesgo y por último, en este apartado se construye la información para el Índice de Estabilidad Ecodinámica, que refiere a la estabilidad entre paisajes.

En el cuarto capítulo, se aborda el contexto de la zonificación ambiental, según criterios de interés nacional de ordenamiento territorial, por medio de la Política Nacional de Ordenamiento Territorial y del Plan de Desarrollo Nacional. Además, se aplica el método de pares o jerarquías analíticas de Saaty (2005), que define el peso estadístico de las variables antes estudiadas para la propuesta de zonificación ambiental, así se detalla cada aspecto presentado de la zonificación por grados de intervención, detallados en: muy alta, alta, moderada, baja y muy baja intervención.

En el quinto capítulo se realizaron una serie de conclusiones basadas en los objetivos y en el problema de investigación sobre los principales resultados desarrollados en el estudio. Por último, en el sexto capítulo se detallan las recomendaciones hacia nuevos insumos para la investigación científica en la Geografía y hacia las gestiones del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar para el manejo eficaz del área y para que posea lecciones aprendidas para replicar y fomentar la iniciativa en otras instituciones y localidades.

# **1. Capítulo I: Aspectos introductorios**

## **1.1. Introducción**

El estado de contaminación de muchos de los ríos a nivel nacional ha sido preocupante, por lo que la recuperación de los cauces y de los ecosistemas que se sostienen en los mismos debe ser una prioridad. Se han diseñado una serie de planes, programas y proyectos que permiten diagnosticar, evaluar y proponer acciones de protección y recuperación de los sistemas por medio de su jurisdicción y su adecuado manejo; dando como resultado zonas de desarrollo sostenible, cambiando y promoviendo una educación ambiental eficaz.

En el año 1999 inicia el proyecto: “Corredor Biológico Río María Aguilar” (CBIMA), el cual incluye aproximadamente 21 km de cauce. Este río transita por diecinueve distritos de cinco cantones, en detalle: Alajuelita, San José, Curridabat, Montes de Oca y La Unión, sobre la Gran Área Metropolitana albergando todo tipo de desechos de estas poblaciones e instituciones. Se encuentra en estado de contaminación inminente y no cuenta con programas de recuperación, por lo tanto el CBIMA es la iniciativa que se debe fortalecer, consolidar y manejar para la recuperación del río María Aguilar.

Al ser un corredor biológico, este corresponde con una extensión territorial, cuya función principal es interconectar áreas silvestres protegidas, de este modo los efectos y beneficios indirectos son múltiples y traen consigo sanidad ambiental al estado actual de la microcuenca del río María Aguilar; por ejemplo, para algunas áreas puede generar un nuevo espacio verde ante los fenómenos de urbanización y de crecimiento de ciudad, al limitar este último y darle una insignia sostenible a la urbe.

Al crear una Comisión Interinstitucional para el manejo del río María Aguilar integrada por el Ministerio de Ambiente y Energía, el Ministerio de Salud, el Instituto de Acueductos y Alcantarillados, las municipalidades del Cantón Central de San José, Alajuelita, Montes de Oca, Curridabat y La Unión, y otras instituciones, se logra avanzar para darle el carácter legal al corredor biológico. En este se mezclan los intereses de todos los entes, cuyo insumo geográfico fundamental para el perfil técnico y para el plan de manejo del área es la propuesta de zonificación ambiental.

Con la zonificación ambiental, el control territorial se hará factible, las medidas y las normativas por categoría amoldadas a los planes reguladores tendrán eficacia y darán el enfoque sostenible. Este se ha buscado tanto a nivel local desde iniciativas populares y

comunales, a nivel regional por medio de los cantones y a nivel nacional con la política de carbono neutralidad, siendo el corredor biológico un esfuerzo para la sostenibilidad en el país.

## 1.2. Justificación

La conservación ambiental es un eje de acción y de desarrollo para el país, dentro de sus políticas y normativas en el marco jurídico funge como un tema propio posterior a las cumbres globales, en esta materia la legislación nacional promueve este tema y por lo tanto su importancia sobresale a diferentes escalas: nivel local, regional y nacional. El trabajar sobre un corredor biológico interurbano abre la posibilidad de cooperar mediante un Trabajo Final de Graduación a los entes competentes en esta materia, en el caso particular del río María Aguilar, se incorpora como un proyecto de incumbencia geográfica y ambiental del Consejo Local, que brinda experiencia en el tema de la conservación y que abre la perspectiva universitaria como un acercamiento hacia otros aspectos no tan desarrollados y poder tomar decisiones de forma multidisciplinaria.

Las tendencias del ordenamiento territorial, de lo urbano, lo biogeográfico y lo hídrico se mezclan al abrirse la posibilidad de poder realizar un estudio para la aceptación dentro del Programa de Corredores Biológicos, del SINAC, del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar; es decir para que adquiera carácter oficial y pueda ser manejado desde otra óptica.

Por lo tanto, más que un proyecto institucional, el interés propio se visualiza como acumulación de experiencia, es decir como un ejercicio laboral en áreas de incumbencia de los geógrafos y geógrafas, donde se pueden integrar diversas tendencias y donde se da el trabajo multidisciplinario, fundamental en el desarrollo de los profesionales y de la academia. El proyecto trae experiencia personal y beneficios mutuos, usando herramientas que puedan ser provechosas y útiles como los sistemas de información geográfica y la capacidad visual y de observación sobre aspectos paisajísticos concretos.

La idea de conservación y de restauración del paisaje, dentro de una de las cuencas más contaminadas del país y del istmo centroamericano, genera una contribución al manejo del recurso hídrico de forma integrada; disminuyendo gran parte de la problemática para los intereses de preservar la biodiversidad, la generación de energías y la calidad del agua.

El Corredor Biológico al estar ubicado en la Cuenca del río Tárcoles, en la Gran Área Metropolitana, trae el énfasis de la visión ambiental y ecosistémica que lo caracteriza. Está siendo afectado por variables urbanísticas y crecimiento de población, que influyen directamente en los metros cuadrados de áreas verdes por habitante, en el agro y en la calidad de vida en general, es decir al incluir la variable ambiental en el espacio urbano también se podrá visualizar a nivel macro algunos enlaces en territorios y principalmente a través de los ríos.

La idea de investigar en este aspecto surge por la necesidad del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar de poder concretar el perfil técnico para el año 2014, al completarlo se espera que se cumplan los objetivos del estudiante y del ente. La consolidación de la práctica dirigida se da por la ausencia de información actualizada y la necesidad de generar el proyecto, siendo una práctica dinámica y objetiva, guiada por diversos profesionales en materia ambiental, con el apoyo de diferentes instituciones, trayendo una mezcla de experiencias y de resultados provechosos.

### **1.3. Antecedentes**

Como parte de trabajos finales de graduación que tratan el tema de la zonificación ambiental, tanto en corredores biológicos como otras aplicaciones, se destacan los proyectos: Diagnóstico ambiental y zonificación de la cuenca del río Rincón de Barquero, (1988) basado en la opinión campesina Península de Osa; Propuesta de zonificación geográfica para una finca ganadera semiintensiva: el caso de la finca el Ceibo S.A., de Arce (2011) y por último de Mora y Ramírez (2013) Propuesta de zonificación ambiental para las microcuencas de los ríos Blanco y Cuipilapa, Bagaces.

En el caso propio de la gestión sobre el río María Aguilar existen dos estudios vitales para el desarrollo de nuevas investigaciones y de la gestión en conservación ambiental de la zona. El primero es el análisis de la contaminación orgánica de los ríos Torres y María Aguilar de Vega en 1976, que fue usado para la justificación del primer perfil técnico presentado, donde en una síntesis se elabora una evaluación de la calidad de las aguas mediante un análisis de laboratorio y definiéndola como la cuenca más contaminada del país. El segundo es una investigación sobre desviación del cauce del río Ocloro hacia el río María Aguilar, en Ingeniería Civil, que concreta la capacidad real que puede soportar el cauce y las consecuencias de su desvío (Rodríguez, 1990).

El primer paso, sobre el rescate hacia la gestión hídrica y conservación ambiental de esta área, se da en la conformación, en 1998, de la comisión de rescate del río Ocloro, a raíz de diversas denuncias y polémicas presentadas ante la Defensoría de los Habitantes debido a la contaminación del río. En el año 2000 se consideró necesario trabajar con un programa de manejo de cuenca hidrográfica que efectivamente contribuyera a mejorar las condiciones desde una visión integral, por lo tanto se creó en ese mismo año un enlace con la comisión de la Cuenca del río Grande de Tárcoles, para fortalecer la gestión institucional en los temas de degradación y contaminación.

La gestión propiamente sobre el posible corredor se inicia en el año 2001, cuando se conforma la Comisión Interinstitucional, la cual estaba constituida por los municipios de San José, Montes de Oca, Curridabat y La Unión, el Ministerio de Salud, Ministerio de Ambiente y Energía, el Instituto de Acueductos y Alcantarillados y la representación local. En esta comisión se definió que el proyecto poseía acciones primordiales del rescate del río María Aguilar, como el saneamiento del cauce del río y sus afluentes, la prevención y mitigación de desastres provocados por eventos naturales o por la acción humana, y el desarrollo de zonas de recreo y esparcimiento.

En gestión institucional sobre el río María Aguilar y zonas aledañas se han hecho diferentes estudios. En 2001 la Municipalidad de San José financió una consultoría para el Inventario de Flora y Fauna en la microcuenca del río María Aguilar, dando a conocer todas las especies presentes en el área y definiendo las especies en extinción y proponiendo una propuesta para el rescate, conservación y recuperación de las mismas.

Además existe un informe, como parte de una consultoría en materia geológica, para la municipalidad mencionada titulado: “Levantamiento cartográfico y análisis de riesgo de deslizamiento de la microcuenca Río María Aguilar” del 2001, que trata sobre el desarrollo de la base cartográfica, la obtención de datos de aspectos geológicos, la síntesis de datos sobre aspectos hidrogeológicos, y una compilación de datos de aspectos morfológicos.

En el año 2002, con el fin de obtener diversos diagnósticos para el área, se realizó el estudio: “Catastro Industrial en la microcuenca del río María Aguilar, Cantón Central San José”, y se realizó un levantamiento en los otros tres cantones con la información aportada por las áreas de salud y los municipios correspondientes, otorgando una acertada aproximación sobre la situación encontrada en la zona (Municipalidad de San José, 2002).

En el año 2003 se implementa el Programa de Manejo para la microcuenca del río María Aguilar, con esto la Comisión Interinstitucional conformada por los municipios mencionados contaría con los estudios de la valoración de las condiciones socioambientales que se presentaban en la microcuenca, para iniciar las labores respectivas.

Como último esfuerzo se cuenta con el convenio intermunicipal entre los gobiernos locales de La Unión, Montes de Oca, Curridabat y San José, dentro del marco del PRUGAM<sup>1</sup> donde se define el disponer del fondo Timbre Pro Parques Nacionales, para impulsar la recuperación y conservación de la microcuenca del río María Aguilar, consolidándose por tanto la iniciativa interinstitucional, esto definido en el Proyecto Demostrativo PRUGAM bajo el nombre: “Un nuevo rostro para el María Aguilar, 2006”.

En sí en esta etapa el Corredor Biológico río María Aguilar forma parte del proyecto ya mencionado: “Un Nuevo Rostro Para el río María Aguilar”, propuesto desde Municipalidad de San José con el apoyo de cuatro gobiernos locales, instituciones del gobierno, instituciones descentralizadas y otras organizaciones, en el marco del PRUGAM. Este surgió como una alternativa para consolidar los esfuerzos de las diversas instituciones y la gestión a lo interno de este municipio, con una visión integral de desarrollo y de

---

<sup>1</sup>Proyecto de Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana

recuperación del recurso hídrico desde sus nacientes, en un esfuerzo cuya visión era que al impulsarse de manera conjunta podría ser logrado efectivamente.

En 2007, por medio de otra consultoría, la municipalidad de San José realiza el estudio denominado “Diagnóstico socio-ambiental de las comunidades asentadas en la microcuenca del río María Aguilar”, como un nuevo estudio previo para la consolidación del corredor biológico (Fondo de Financiamiento Forestal de Costa Rica, 2007).

En 2009 se presenta el primer perfil técnico ante el Ministerio de Ambiente y Energía para la consolidación del río María Aguilar como un Corredor Biológico Interurbano certificado. Este fue primeramente aceptado el 11 de diciembre de 2009 por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación y después fue rechazado por el ministerio de Ambiente y Energía ya que no cumplía con todos los objetivos y justificaciones que solicita la entidad gubernamental, siendo el principal factor que no conectara dos zonas protegidas. Por lo tanto la actualización del perfil y el límite del nuevo sector serían los ejes de actuación, en un futuro, para su posible consolidación e inicio de gestión.

Actualmente la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, ejecuta el mismo trabajo de perfiles técnicos en el río Tibás y en el río Torres, esto para disminuir la cantidad de desechos sólidos sobre los flujos superficiales y poder generar energía hidroeléctrica con menos dificultades. Así mismo en Cartago el grupo COBRI SURAC, trabaja desde 2007 en la cuenca del río Reventado y del río Agua Caliente para la creación de un corredor biológico ribereño, todos estos ligados al principio de unir dos o más áreas protegidas.

## 1.4. Marco teórico

Los corredores biológicos pueden ser abordados desde diferentes perspectivas, según sea su función o por las características que los rodean; desde ejes de acción, ejes temáticos o desde diferentes teorías. Con respecto al fundamento teórico que los respalda, en este apartado se abarca a partir de la conservación ambiental albergando temas como áreas silvestres protegidas y proyectos regionales y nacionales, finalizando el apartado con la tendencia geográfica que sigue el estudio y las características que los definen.

Bajo ideas iniciales la universalización del término conservación se refería a *la ordenación de los recursos naturales a fin de lograr la máxima calidad de vida para la humanidad, sobre una base continua* (Mendoza, 1989). Se elaboraba para un bienestar de los seres humanos y no bajo un enfoque integrador y sostenible, por lo tanto se veía como un recurso, un insumo, o un objeto con valor. Hacia el siglo XXI estas ideas cambiaron al tratar el tema de la conservación como un enfoque más natural, definiendo su objetivo como:

*“La conservación de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones de especies viables en su entorno natural y, en el caso de especies domesticadas o cultivadas, en el entorno donde hayan desarrollado sus propiedades distintivas”* (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2008).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza trae un nuevo significado de la conservación a partir de un interés integrador y recíproco, referido hacia la conservación in-situ, sin alterar el espacio vital de las diferentes especies:

*“Se entiende por conservación in situ la conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas”* (Organización de las Naciones Unidas, 1992).

Además de la conservación ambiental, existe el concepto de fragmentación ambiental el cual es un objetivo que se revierte con la creación de corredores biológicos, por lo tanto al conectar dos áreas silvestres disminuye la problemática de parches o islas de ecosistemas. La fragmentación se define como el aislamiento de ecosistemas tanto de forma natural por procesos geológicos como por procesos antrópicos como la urbanización, su principal efecto es sobre las poblaciones ya que el intercambio genético se interrumpe

y, a lo largo de muchos miles de años de tal aislamiento, se generan especies nuevas, es decir propicia el endemismo y la especiación (Espinosa, 2008).

Al hablar del espacio vital de las especies, de sus movimientos y de sus funciones surgen las áreas silvestres protegidas (ASP), que presentan una gran oportunidad para crear una estrategia para el desarrollo entre crecimiento económico y protección ambiental, ya que en muchos casos se da una pluralidad de funciones sin afectar el ecosistema y facilitando la vida antrópica, bajo el enfoque de sostenibilidad. En sí, las ASP *se orientan hacia la conservación in situ, contribuyendo directamente al resguardo de la biodiversidad tras ampliar las superficies protegidas de ecosistemas prioritarios* (Selpúveda, 2002).

Las diferentes ASP cumplen funciones según su categoría de conservación, por tanto en algunos casos la extracción y el uso dentro de las mismas es permitida, todo enmarcado bajo el concepto de desarrollo sostenible que involucra las tres aristas del desarrollo, el social, el económico y el ambiental. Estas unidades se definen como:

*“Una zona geográfica delimitada, constituida por terrenos, humedales y porciones de mar. Ha sido declarada como tal por representar significado especial por sus ecosistemas, la existencia de especies amenazadas, la repercusión en la reproducción y otras necesidades y por su significado histórico y cultural”* (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2007).

Cabe rescatar que no solo existen las ASP que poseen un valor económico o ambiental, sino también cultural o histórico, como el caso del Monumento Nacional Guayabo, estas dan pie a desarrollar estrategias o iniciativas regionales. En materia de conservación el principal hecho para el istmo centroamericano es el Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), su función fue definida como:

*“Un sistema de ordenamiento territorial compuesto de áreas naturales bajo regímenes de administración especial, zonas núcleo, de amortiguamiento, de usos múltiples y de interconexión; organizando, consolidando y brindando un conjunto de bienes y servicios ambientales a la sociedad centroamericana y mundial, proporcionando los espacios de concertación social para promover la inversión en la conservación y uso sostenible los recursos naturales”* (Cumbre de Presidentes Centroamericanos, 1997).

Al mencionar el ordenamiento territorial, se da la importancia a los usos en los sectores de corredores biológicos, donde la propagación y la conectividad de especies es efectiva, y que las poblaciones humanas involucradas sean beneficiadas con la utilización

de ciertos recursos, por consiguiente se trata el tema hacia el enfoque integrador y sostenible que se ha desarrollado en las últimas décadas.

El CBM fue una iniciativa regional de conservación que involucró a todos los países de Centroamérica y cinco estados del sureste de México, uno de los pocos esfuerzos del istmo por la integración en temas ambientales. Su objetivo es mantener la conectividad biológica del istmo centroamericano, ya que es histórica, desde las migraciones de especies cuando surgió geológicamente como puente conector de las masas continentales. El CBM se ejecutó por medio de la Comisión Centroamericana del Ambiente y Desarrollo y estuvo enfocado al trabajo de zonificación de áreas prioritarias dentro de los países y fundamentalmente las áreas transfronterizas (Baltodano & Zamora, 2010).

A partir de roces políticos o conflictos transfronterizos muchas de estas ideas no han sido concretadas por la mezcla de intereses, donde recae el tema de la conservación como un aspecto más político que el objetivo que realmente trae. Hacia la escala local, a nivel de país, para el caso de Costa Rica, surge el Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica (SINAC) que según la Ley de Biodiversidad de 1998

*“Es un sistema de gestión institucional desconcentrado y participativo que integra las competencias en materia forestal, de vida silvestre y áreas silvestres protegidas, del Ministerio de Ambiente, Energía (MINAE), con el fin de dictar políticas, planificar y ejecutar procesos dirigidos a lograr la sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales de Costa Rica” (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2009).*

El SINAC es el ente rector en conservación del país, surge como una entidad ligada al MINAE, con competencias claras que le dan un carácter participativo y que puede dictar políticas y tomar decisiones en la materia concerniente. El SINAC como ente rector creó el Programa Nacional de Corredores Biológicos (PNCB), que es una estrategia nacional para la conservación de la biodiversidad *“su objetivo es la promoción de la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en Costa Rica, desde una perspectiva ecosistémica, para el beneficio de la sociedad”* (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2009). El PNCB es definido en su Decreto Ejecutivo de creación No. 33106-MINAE del martes 30 de mayo del 2006, como una estrategia nacional para la conservación de la biodiversidad, que opera en el marco institucional del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, donde le otorga la competencia de su administración y como función institucional para la sostenibilidad y el uso adecuado de los recursos.

Las ASP se establecen y son aceptadas bajo directrices del MINAE y del SINAC, existen procesos de expropiación y de pagos para las áreas que mezclan entre diversos usos, o para las personas que desean conservar, a estos se le llaman los pagos por servicios ambientales

(PSA). Los PSA son un reconocimiento financiero por parte del Estado, por medio de Fondo Nacional de Financiamiento Forestal a los propietarios y poseedores de bosques y plantaciones forestales por los servicios ambientales que éstos proveen y que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente. De acuerdo con la Ley Forestal No. 7575, Costa Rica reconoce los siguientes servicios ambientales: mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico, protección de la biodiversidad para su conservación y uso sostenible, científico y farmacéutico, de investigación y mejoramiento genético, la protección de ecosistemas y de formas de vida, también, la belleza escénica natural para fines turísticos y científicos (FONAFIFO, 2007), por lo tanto en el tema de corredores biológicos se puede utilizar esta acción para ampliar la función del mismo, a través de mecanismos aprobados por ley.

Hacia una escala menor, se debe definir un corredor biológico, concepto que guía todo el estudio, un primer acercamiento al concepto corresponde con que es un *espacio geográfico delimitado que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas, y hábitats naturales o modificados, y asegura el mantenimiento de la diversidad biológica y los procesos ecológicos y evolutivos* (Ulate, 2004). Ulate refiere a tres aspectos: delimitado, conectividad y diversidad, bajo estos principios define un corredor biológico, le da carácter territorial, le da función y le da un objetivo, propone una estructura vital y eficaz. Por otro lado el SINAC amplía la definición; como institución gubernamental, lo define de forma oficial como:

*“Territorio delimitado cuyo fin es proporcionar conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat, naturales o modificados, para asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y los procesos ecológicos y evolutivos. Está integrado por áreas naturales bajo regímenes de administración especial, zonas núcleo, de amortiguamiento, o de usos múltiples; proporcionando espacios de concertación social para promover la inversión en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, en esos territorios”* (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2009).

Ambos conceptos son parecidos, tratan la misma temática bajo los tres principios mencionados, pero el segundo caso aumenta, al decir porque está integrado y que involucra el aspecto social, la inversión y el uso sostenible, esta definición está en la Ley de Biodiversidad, por tanto cumple como la oficial para el territorio costarricense.

Como el tema de estudio es un corredor biológico temático, se debe definir qué es un Corredor Biológico Interurbano (CBI), bajo el mismo principio:

*(...) es una extensión territorial que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas, hábitats modificados o naturales, como las ASP. Estos espacios contribuyen al mantenimiento de la diversidad biológica, posibilitando la migración, dispersión de las especies de flora y fauna. Asimismo, el rescate y apropiación de valores culturales propios de la región (COBRI SURAC, 2007).*

La similitud entre conceptos es notoria, se diferencia en dos aspectos, en la ubicación del corredor biológico, y en la aplicación de valores sociales y culturales, esto porque no son zonas exclusivas para la conservación in-situ como las ASP, si no que confluyen con diferentes usos y trabajan bajo la función de optimizar el espacio para darle la plaza de conectividad de forma integral con las actividades que se han dado en ese territorio.

Existen componentes estructurales esenciales de un corredor biológico, que son de suma importancia para poder comprenderlos y para determinar las dinámicas que se desarrollan en los mismos, son cinco componentes principales:

Las áreas núcleo son los espacios naturales protegidos cuyo propósito es que los ecosistemas continúen manteniendo la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos para la sociedad. Son el área fundamental para la conservación y la zona más importante para el desarrollo de las especies, ya que según la condición de hábitat se determina su funcionalidad para las dinámicas internas del corredor biológico (Bennett A. , 1998) (Poiani, Richter, Anderson, & Richter, 2000) (Bennett & Mulongoy, 2006).

Las rutas de conectividad, como segundo componente, son las que determinan a los corredores biológicos, ya que estas son propuestas con una función enlace entre dos o más zonas núcleo. Surgen del paso entre los diferentes usos del suelo y que proveen una menor resistencia al movimiento de especies; así como, la adaptación a los cambios y presiones del ambiente y del clima; por lo tanto son las que cumplen la función de conexión y de traslado de especies, sobre la cual se deben diseñar los corredores biológicos (Bennett & Mulongoy, 2006) (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2007).

Como tercer punto se encuentran las zonas de amortiguamiento, estas son los espacios de transición entre las áreas núcleo y la matriz del corredor biológico, su función es que se controlen los impactos a las áreas núcleo, formando como un preámbulo de protección al recurso valioso (Bennett & Mulongoy, 2006).

Los hábitats sumideros son los fragmentos del ecosistema original; por su tamaño y su capacidad de aumentar, son poblaciones que no son capaces de mantener familias vivas, por lo que necesitan de la inmigración de individuos provenientes de las zonas núcleo, es decir de zonas fuente (Bennett A. , 1998) (Bennett & Mulongoy, 2006).

Por último la matriz del corredor biológico es el área dedicada a usos múltiples, por lo general la matriz está dominada por hábitats abiertos. La función principal del mismo corresponde con la presencia de pequeños parches de bosque que sirven como refugios temporales que a su vez facilitan el movimiento de las especies a través del corredor biológico (Bennett & Mulongoy, 2006) (Kattan, 2002).

El estudio de los corredores biológicos es acogido por la tradición geográfica de la Biogeografía, preocupada por los estudios sobre distribución de las especies, por los estudios sobre conectividad y fragmentación, ligada a la ciencia del paisaje y a la Ecología. La Biogeografía *“es el estudio de los patrones de organización espacial y temporal de la diversidad biológica y de los procesos que han generado y mantenido dichos patrones”* (Contreras, Luna, & Morrone, 2001), por esto se le da un aspecto geográfico a los corredores biológicos y la importancia en su función para la conservación y la biodiversidad, ligado a un territorio.

Desde una óptica histórica los corredores biológicos fueron propuestos por Wilson y Willis en 1975 a partir de la Teoría Biogeográfica de Islas postulada por MacArthur y Wilson en los años 60 (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2009). Surge la importancia de explicar esta teoría ligada a la teoría de las metapoblaciones, como instrumento que define los fundamentos para la elaboración e implementación.

Los corredores biológicos están basados en el supuesto de que los fragmentos unidos o conectados por un corredor de hábitat adecuado disminuye la tasa de extinción y tienen un mayor valor para la conservación que los hábitats aislados (Noss, 1992). Por medio de manchas verdes, a cierta distancia, se propicia la movilidad de especies, por esto debe ser importante que unan dos o más zonas protegidas, elemento esencial para garantizar la transferencia de energía y materia, es decir darle la funcionalidad al espacio.

Este traspaso a través de manchas se origina con la Teoría Biogeográfica de Islas, que se basa en la inmigración de propágulos y un proceso de extinción de poblaciones, por lo tanto se determina que el número de especies presentes en una isla, esta entendida como una mancha verde, que se mide a partir de la inmigración y extinción según sea el tamaño de poblaciones (Burel & Baudry, 2002).

La finalidad de los corredores biológicos es permitir la dispersión especies de una zona protegida a otra, o de un fragmento de bosque a otro, facilitando en sí el flujo de genes y la colonización de sitios adecuados. De igual forma, facilitan las migraciones estacionales y diarias entre una variedad de diferentes hábitats (Beier & Noss, 1998) (Bennett A. , 1998) (Primack, Roíz, Feinsinger, Dirzo, & Massardo, 2001).

Por otro lado asociado a la Teoría Biogeográfica de Islas, se habla del concepto de metapoblaciones; una metapoblación es básicamente *un conjunto cambiante de poblaciones temporales relacionadas entre sí por la dispersión y el flujo de genes* (Poiani, Richter, Anderson, & Richter, 2000), definido más claro como una población formada por poblaciones que se extinguen y recolonizan localmente, (Burel & Baudry, 2002) las cuales ocupan parches discretos de hábitat que están interconectados (Primack, Roíz, Feinsinger, Dirzo, & Massardo, 2001). Por lo tanto las metapoblaciones se caracterizan por estar formadas por un grupo de subpoblaciones en las que se pueden distinguir dos tipos: las fuentes y los sumideros, sobresalen los ejes de conexión para la dispersión, recolonización y propagación de especies.

Los espacios fuentes están situados en un hábitat favorable, que propicia aumentar la población, y los de sumideros se asocian a un hábitat desfavorable en el cual los tamaños poblacionales no pueden ser mantenidos sin la inmigración de los hábitats fuentes. El crecimiento poblacional versus la extinción de una población (Poiani, Richter, Anderson, & Richter, 2000).

Además estas metapoblaciones están definidas por diferentes factores, entre ellos el tamaño de las manchas, que evidencia el posible tamaño poblacional, el aislamiento entre manchas, que da la posible conectividad y los posibles flujos entre especies, los bordes y su configuración según la permeabilidad de especies y los flujos génicos, es decir el traslado en sí de los organismos (Burel & Baudry, 2002).

Las teorías anteriormente mencionadas, contribuyen hacia la conectividad y conservación ambiental, la teoría de parches está ligada a los fragmentos de bosques, las islas y las metapoblaciones, y se enfoca hacia la restauración ecosistémica y ecológica, que también es una función de los corredores biológicos. La teoría se asemeja a una serie de mosaicos en los cuales al igual que las islas son fragmentos que pueden estar interconectados y que poseen funciones tanto para sumideros como para fuentes, en estas las variaciones ambientales determinan los patrones de uso del hábitat y además determinan el desplazamiento de los individuos de las distintas especies (García, 2002).

La existencia de parches interconectados, como islas o para el beneficio de las poblaciones trae consigo a través de las teorías mencionadas, la función real y la importancia de los corredores biológicos, permitir la conectividad y disminuir la fragilidad además de contribuir con la restauración del ecosistema, así como permitir un equilibrio ecológico según los factores antes mencionados.

El SINAC establece una serie de problemas y limitantes del país para la conservación, entre estas se rescatan:

- Expansión de la ciudad y el caso urbano que dañan la biodiversidad y fragmentan los ecosistemas
- Actividades económicas y financieras
- Manejo de residuos sólidos
- Ausencia ordenamiento territorial en los cantones
- No existen evaluaciones de los recursos naturales que permitan medir la funcionalidad de la conectividad de los corredores biológicos en el mediano y largo plazo
- Insuficientes actividades de educación ambiental
- Falta mayor información y capacitación para orientar a los pequeños, medianos y grandes comerciantes y prestadores de servicios

Además estas funciones que poseen los corredores biológicos, aportan otros beneficios que no son solo a nivel micro como de especies, sino de una forma más integra ante el desarrollo sostenible. Como fue mencionado en la conservación ambiental, al involucrar el ordenamiento territorial cumplen con la función de mejorar los suelos, sus usos y el recurso hídrico, es decir darle un valor potencial.

Al mencionar el tópico de conservación se habla de la gestión integrada de aguas urbanas (GIAU) que consiste en un mejor enfoque aplicado que el sistema actual, en el cual el suministro hídrico, aguas de lluvia y aguas residuales y saneamiento son manejados por entidades separadas que están apartadas del planeamiento del uso de la tierra y del desarrollo económico (Bahri, 2012). Se le dedica una función específica al recurso, en este caso para interés de generación de energías, agua potable, riego, entre otras.

Al implementar la gestión de los corredores biológicos, la creación, el mantenimiento y la evaluación de los mismos se daría una disminución de limitantes y de problemáticas para la conservación nacional y para la gestión del SINAC en estos espacios. Además propiciaría los flujos de materia y energía, y en el caso de los CBI, le daría la cualidad a las ciudades de convertirse en espacios equilibrados e íntegros (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2009).

## **1.5. Problema de investigación**

El problema de investigación surge por la necesidad del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar de actualizar al año 2014 su perfil técnico, ya que anteriormente fue rechazado al no conectar dos o más áreas silvestres protegidas. A partir de la actualización de la información se tendrían los insumos para consolidarse como una entidad oficial, es decir adquiriría carácter de existencia y se solventaría la falta de conexión entre las zonas protectoras aisladas cercanas a centros urbanos. Con base en esto se definió el problema de investigación como:

La dificultad de gestión y manejo del área del Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar por la imposibilidad de ser un ente con figura de carácter oficial debido al rechazo ante el MINAE del perfil técnico de 2009, al no conectar dos o más áreas protegidas.

La información es requerida principalmente para los propósitos de planeación; con la actualización de datos y la zonificación ambiental se contribuye al insumo teórico para la formulación de normas oportunas y la creación de ejes de acción para el Corredor Biológico. Además se posee el conocimiento de magnitud y distribución de necesidades según las personas interesadas y beneficiadas, con el trabajo el conocimiento de recursos disponibles estaría actualizado por lo que las intervenciones estarían establecidas de forma interna y con las entidades asociadas para el mejoramiento de la gestión.

Anudado a los propósitos de planeación la información puede ser requerida para la definición de situaciones problema en el área de estudio, después del análisis, de la descripción de los indicadores y de la situación actual de la zona, se pueden investigar las problemáticas, comparando y proponiendo soluciones factibles.

Se seleccionaron seis criterios para fortalecer y evidenciar la importancia del problema, desarrollados a continuación.

La pertenencia del proyecto representa que la magnitud del problema recae en temas institucionales de manejo y gestión ya que sin un conocimiento del área del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar no se pueden desarrollar o ser incluido en proyectos nacionales, locales o institucionales. Los afectados directos comprenden dos extremos en el primero de ellos es que se entorpece la gestión del corredor biológico, ya que no cuenta con fondos suficientes para actuar, el segundo corresponde con las personas afectadas sin los beneficios directos y necesarios para la población involucrada. Por esta razón se percibe como urgente y serviría tanto para traer sanidad a la ciudad como para conectar áreas silvestres protegidas aisladas.

Existe una aceptabilidad política importante ya que confluyen diferentes intereses de entidades pertenecientes al consejo local, estas brindan el apoyo en toda materia. Los resultados esperados beneficiarían a todas las entidades involucradas para la toma de decisiones en las áreas respectivas. La factibilidad y viabilidad es muy alta, ya que por medio del consejo local del corredor biológico se accede a la información necesaria, se da a través de los diferentes entes para la construcción del perfil técnico respectivo, además de la asesoría de los diferentes profesionales especializados de las instituciones y municipalidades pertenecientes.

A partir de lo mencionado la urgencia de los datos requeridos es un factor de gran oportunidad ya que el Corredor Biológico debe ser reconocido para poder solicitar mayores ingresos e iniciar una línea de gestión para el manejo del área. Esto para comenzar a crear beneficios directos y paulatinos, basados en una gestión interinstitucional para fines específicos y mutuos beneficios.

La relación costo-efectividad justifica los resultados en torno al proceso, primeramente la actualización del perfil técnico y propiamente la zonificación ambiental marca un punto en el cual se incluiría en planes y proyectos nacionales, así como para la toma de decisiones, formaría parte del Programa Nacional de Corredores Biológicos y del Sistema Nacional de Áreas de Conservación. Las actividades cambiarían con el proyecto ya que la escala de trabajo variaría de sectores reducidos a una gestión de cuenca, por lo tanto el análisis de la información actualizada será un insumo para un plan de manejo efectivo y servirá como medio de información para la gestión en los programas existentes. Además al consolidarse los recursos serían aumentados y la ejecución de las acciones se desarrollaría en calidad y cantidad beneficiando a la población respectiva.

Por último, el valor teórico del proyecto es vital, primero se actualiza la información desde el 2009 hasta el 2014, la cual puede respaldar teorías para el manejo y la gestión de Corredores Biológicos Interurbanos, cuyo término no ha sido muy desarrollado. Con los resultados teóricos se espera tanto la actuación efectiva fundamentada en datos de diferentes variables además de la concientización a la población y poder impulsar la sanidad de la ciudad.

El proyecto servirá de plataforma para que se replique el modelo y se creen espacios de conectividad dentro de otras áreas urbanas, también traerá lecciones aprendidas para que los errores no sean reproducidos en los diferentes modelos y recomendaciones para el fortalecimiento en materia de conservación ambiental.

## **1.6. Objetivos**

### Objetivo general

Elaborar una propuesta de zonificación ambiental basada en criterios del ordenamiento territorial ambiental para el Corredor Biológico Interurbano del Río María Aguilar

### Objetivos específicos

Analizar criterios legales, criterios biológicos y criterios hidrológicos para la delimitación del área del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar.

Actualizar los indicadores de tipo biofísico y socioeconómico para la propuesta de zonificación ambiental del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar

Desarrollar una propuesta de zonificación ambiental para el Corredor Biológico Interurbano del Río María Aguilar basado en criterios de uso sostenible.

## 1.7. Metodología

El proyecto de zonificación ambiental encaja dentro del método deductivo, este método va de lo particular a lo individual, de lo universal a lo general, es decir derivar y concluir desde otros parámetros. El caso en geografía *se basa en la aplicación de modelos físicos o matemáticos que permitan estimar los parámetros de interés a partir de los datos adquiridos* (Pagot, 2007), para este proyecto la aplicación de modelos estadísticos hace por tanto que resulte un producto, por esta razón se justifica como un método no inductivo.

Al usar el método deductivo, la metodología a emplear es la secuencial por etapas, cada etapa está definida en los objetivos para armar los insumos necesarios y crear la propuesta de zonificación ambiental final, por lo tanto cuando se tenga un producto este será el insumo para otro atributo, de forma que la retribución de información se hace constante y conduce a que sea necesario poseer la información terminada por temática para desarrollar el siguiente factor.

Las fuentes de información existentes para la realización del proyecto se obtuvieron por medio del consejo local del corredor biológico, ya que tienen representantes de diferentes instituciones que poseen un convenio para el traspaso de los datos con los intereses de cada ente. Por consiguiente, de las siguientes instituciones se obtuvieron los datos y la información primaria y secundaria para el desarrollo del proyecto de zonificación: Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), Comisión Nacional de Emergencias (CNE), Acueductos y Alcantarillados (A y A), Ministerio de Salud, Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCV), Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), Municipalidades de Alajuelita, Curridabat, La Unión, Montes de Oca y San José. Además se posee como insumo el perfil técnico del 2009, que en muchos aspectos es de gran utilidad y por último se hizo trabajo de campo para corroborar los datos respectivos y se actualizaron los datos necesarios.

### 1.7.1. Delimitación del área del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar

La delimitación guiada para el Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar, se basó en tres criterios, estos son: el criterio biológico o de conectividad, el legal por medio de la normativa costarricense, y el criterio de cuenca hidrográfica, desarrollados a continuación:

Criterios de cuenca hidrográfica: los criterios de cuenca hidrográfica se categorizaron en tres aspectos: los elementos fundamentales de la gestión, la gestión propia sobre corredores biológicos y el manejo territorial en función de esta unidad.

A partir de los ríos seleccionados, se delimitaron las microcuencas en donde se encuentran ubicados, para esto se utilizó el modelo de elevación digital creado (TIN), y se usó la herramienta “Hidrology” del software ArcGIS, definiendo la dirección de flujo, las líneas de flujo y las cuencas creadas, todo a partir de las curvas de nivel, del área seleccionada en el primer criterio.

Criterios legales: los criterios legales corresponden con el marco de estrategias globales y la legislación nacional actual, para el caso del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se utilizó el criterio de diferentes normativas vigentes.

Para crear áreas de protección se basó en la Ley Forestal del país, en el artículo 33 de áreas protegidas, para espacializar este criterio se realizó una zona de amortiguamiento de los ríos María Aguilar y Tiribí de 10 metros a ambos lados del cauce, esta se elaboró en el programa ArcGIS con la herramienta “Proximity” en “Analysis Tools”. Fue la medida mínima que se propone en la ley Forestal, después se realizó cartografía de pendientes, a partir de un Modelo de Elevación Digital, se usó el método TIN y se hizo una clasificación de pendientes según la normativa del MAG (ver cuadro 1), posterior a esto en las áreas donde la pendiente sea alta (mayor a 30 %), se creó una zona de amortiguamiento de 50 metros con la herramienta antes mencionada, complementando el área del corredor biológico.

<b>Cuadro 1: Clasificación de Pendientes</b>	
<b>Pendiente en porcentaje</b>	<b>Terreno</b>
menor del 2 %	Plano
2,1-6 %	Ligeramente Ondulado
6,1-15 %	Ondulado
15,1-30 %	Muy Ondulado
30,1-50 %	Escarpado
50,1-75 %	Muy Escarpado
mayor de 75,1 %	Montañoso

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2011

Criterios de conectividad: este criterio se basó en dos aspectos, el primero corresponde con la conexión de dos áreas protegidas, para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se estableció que conectará la Zona Protectora Tiribí con la Zona Protectora Cerros de la Carpintera, por lo tanto se seleccionaron los afluentes de los ríos Tiribí y María Aguilar que conecten estas zonas protegidas.

El segundo criterio corresponde con la conectividad, este mide los procesos por los cuales las subpoblaciones de organismos están conectados dentro de las áreas. Se recurrió a describir cuáles especies son usuarias del corredor biológico, esto se realizó mediante la

búsqueda bibliográfica de las rutas de especies según el inventario de la Municipalidad de San José, para justificar la conectividad del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar.

Al finalizar los tres criterios, el resultado fue un mapa con el área de protección de 10 a 50 metros según la pendiente y con las cuencas hidrográficas involucradas, todo justificado según inventarios de especies del corredor biológico y con la teoría de manejo y gestión y de cuencas.

### ***1.7.2. Indicadores biofísicos y socioeconómicos de tipo edafológico, hidrográfico, de riesgo, fragilidad ambiental, topografía y densidad poblacional del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar***

Los indicadores tanto biofísicos como socioeconómicos se dividen en siete: densidad poblacional, aspectos hídricos, uso de la tierra, divergencia de uso de la tierra, índice de estabilidad ecodinámica, zonificación de riesgo y el índice de fragilidad ambiental. El manejo de los datos se elaboró en los programas ArcGIS 10.1 y ENVI 5.0, con los datos de las instituciones ya mencionadas, para cada indicador se siguió un proceso diferente explicado a continuación.

Densidad poblacional: para definir la población que se encuentra ocupando el área del corredor biológico interurbano, se recurrió a la información censal del Centro Centroamericano de Población, disponible en línea desde su sitio web, la escala se definió a nivel distrital. Se extrajo información para representarla cartográficamente con el software ArcGIS, para poder determinar la dinámica poblacional espacial imperante en la zona.

Aspectos hídricos: se realizó una descripción de las nacientes involucradas entre las cuencas, de los acuíferos ubicados dentro del área del corredor biológico, de los pozos, y de la red hídrica del río María Aguilar y de sus afluentes. La caracterización se elaboró con material hidrológico que posee el CBIMA, además con la ToolBox del software ArcGIS se elaboró cartografía de nacientes, mediante la creación de una zona de amortiguamiento de 100 metros, como área de protección según la legislación nacional, además se creó una zona de amortiguamiento de 10 metros a cada lado de los ríos como área de protección, y con la opción "Join". Se unieron los cuatro atributos involucrados dentro del corredor biológico, creando capas de importancia hídrica con las respectivas áreas de influencia.

Uso de la tierra: con imágenes satelitales LANDSAT 7 de 2014 facilitadas por la CNFL se elaboró un proceso de determinación de usos por medio de píxeles en el software ENVI 5.0. Para validar la cartografía creada se corroboró en campo toda el área estudiada, además se respaldó con la caracterización del proceso de urbanismo que sucede en la

ciudad, la categorización sistemática se hizo en ENVI y el producto de un mapa de uso de la tierra se hizo en el software ArcGIS.

Divergencia de uso de la tierra: tomando como base el uso de la tierra y la información de las capacidades de uso se elaboró este indicador. Se utilizó la matriz de divergencia del uso, usada al comparar cada capacidad de uso por cada tipo de uso de la tierra, resultando los siguientes valores: W para tierras bien utilizadas, Wt para tierras utilizadas dentro de su capacidad de uso, U para tierras subutilizadas, O para tierras sobreutilizadas y Ot para tierras gravemente sobreutilizadas (ver cuadro 2). A partir del cruce de información se implementó la matriz en el programa ArcGIS para la generación de la cartografía respectiva.

<b>Cuadro 2: Matriz de divergencia del uso de la tierra</b>						
<b>Capacidad</b>	<b>Uso de la Tierra</b>					
	<b>Cultivos anuales</b>	<b>Cultivos perennes</b>	<b>Pastos</b>	<b>Bosques</b>	<b>Urbano</b>	<b>Lagos</b>
<b>II</b>	W	W	U	U	W	NA
<b>III</b>	Wt	Wt	U	U	W	NA
<b>IV</b>	Wt	Wt	W	U	W	NA
<b>V</b>	O	W	W	W	O	NA
<b>VI</b>	O	Wt	W	W	O	NA
<b>VII</b>	Ot	Ot	Ot	W	Ot	NA
<b>VIII</b>	Ot	Ot	Ot	W	Ot	NA
<b>Lagos</b>	NA	NA	NA	NA	W	W

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2011

Índice de Estabilidad Ecodinámica: este índice se adaptó de la ecodinámica de paisajes geográficos y se elaboró a partir del uso de la tierra. Se utilizó para definir la condición del uso de la tierra, ya sea estable cuando la utilización está dentro de capacidad y no amenaza a los usos cercanos, penestable cuando la utilización está dentro de su condición potencial e inestable cuando la condición actual no corresponde a su condición potencial y amenaza a los usos directos.

Para el desarrollo de este indicador se hizo la revisión en campo y por medio del software ArcGIS se categorizó cada uso de la tierra según las condiciones locales, por medio de la observación directa en la zona; permitiendo evaluar el grado de estabilidad y facilitando la toma de decisiones para el ordenamiento territorial en cada unidad ecodinámica identificada, según la matriz del cuadro 3 se definieron las zonas por cada par de indicadores.

Zonificación de riesgo: la información de la zonificación de riesgo se obtuvo de la Comisión Nacional de Emergencias, miembro del consejo local del corredor biológico. Con

información actualizada al 2014, se elaboró cartografía mediante registros históricos del riesgo a inundaciones, deslizamientos, volcánico y sísmico, estos sustentados por la repetición de los eventos.

Con base en una sobreposición de las capas creadas, se elaboró una zonificación de riesgo, definiendo niveles de intervención de riesgos ya fueran: bajos, moderados, altos o muy altos para toda la zona de estudio.

**Cuadro 3: Matriz del índice de estabilidad ecodinámica**

<b>Uso de la Tierra</b>	<b>Bosques</b>	<b>Charrales</b>	<b>Pastos y plantaciones de coníferas</b>	<b>Zonas verdes urbanas</b>	<b>Tajos y uso mixto</b>	<b>Cultivos, fincas e invernaderos</b>	<b>Densidad alta, media y baja</b>	<b>Industria</b>
<b>Bosques</b>	Estable	Estable	Estable	Estable	Penestable	Penestable	Inestable	Inestable
<b>Charrales</b>	Estable	Estable	Estable	Estable	Penestable	Inestable	Inestable	Inestable
<b>Pastos y plantaciones de coníferas</b>	Estable	Estable	Estable	Penestable	Penestable	Inestable	Inestable	Inestable
<b>Zonas verdes urbanas</b>	Estable	Estable	Penestable	Estable	Inestable	Inestable	Penestable	Penestable
<b>Tajos y uso mixto</b>	Penestable	Penestable	Penestable	Inestable	Estable	Penestable	Penestable	Estable
<b>Cultivos, fincas e invernaderos</b>	Penestable	Inestable	Inestable	Inestable	Penestable	Estable	Penestable	Penestable
<b>Densidad alta, media y baja</b>	Inestable	Inestable	Inestable	Penestable	Penestable	Penestable	Estable	Estable
<b>Industria</b>	Inestable	Inestable	Inestable	Penestable	Estable	Penestable	Estable	Estable

Fuente: Elaboración propia, 2014

Índice de Fragilidad Ambiental: por medio de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz se accedió a la información a escala de la Gran Área Metropolitana del índice de Fragilidad Ambiental actualizado al 2014 y aprobado por SETENA. Con esta información se creó la cartografía de las diferentes aptitudes: Bioaptitud, Geoaptitud, Edafoaptitud y Antroaptitud en el software ArcGIS, esto para dar pie a las diferentes fragilidades que se dan en la zona de estudio, posterior se creó el IFA Integrado, que se usó en la zonificación ambiental, dando resultados de alta, baja y moderada fragilidad ambiental.

Con los insumos cartográficos y bibliográficos se desarrolló el segundo capítulo de forma explicativa y secuencial sobre la caracterización biofísica y socioeconómica específica

del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar respaldado con información actual y viable, caracterizando problemáticas y aspectos de suma importancia para la creación de un posible plan de manejo y de una propuesta de zonificación ambiental.

### **1.7.3. Propuesta de zonificación ambiental para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar basado en criterios de uso sostenible.**

El cuadro 4 muestra los indicadores que se usaron para la zonificación ambiental, estos son de tipo biofísico y de tipo socioeconómico, cada indicador recibirá un peso estadístico, como se definirán más adelante. Estos indicadores son los usados para Corredores Biológicos Interurbanos, y son los necesarios para la de zonificación ambiental en la creación de perfiles técnicos y consolidación de áreas protegidas.

---

**Cuadro 4: Indicadores para la zonificación ambiental**

---

Densidad poblacional
Aspectos Hídricos
Uso de la Tierra
Divergencia de Uso
Índice de estabilidad ecodinámica
Fragilidad Ambiental
Zonificación de riesgo

---

*Fuente: Elaboración Propia, 2014*

Al tener los siete indicadores, para la realización de la zonificación ambiental se les debe dar un peso estadístico según sus características, por esto se utilizó el método de jerarquías analíticas o pares de Thomas Saaty.

#### Método jerarquías analíticas o pares de Saaty

El método propone darle importancia a cada variable según su análisis jerárquico por lo que la ponderación se da según la importancia de los elementos y la asignación dada de los pesos, a cada capa de información se le otorgó un porcentaje de influencia, estas capas no se excluyen por consiguiente todas poseen la misma validez (Gómez & Barredo, 2005).

El método de jerarquías se hace por comparaciones binarias de criterios, esto se logra estableciendo una matriz de los indicadores por los indicadores dándole un valor de importancia, para este proyecto la matriz es de 7x7 indicadores (ver cuadro 5). El método Saaty permite emplear desde 3 hasta 15 variables.

<b>Cuadro 5: Matriz comparación de pares a completar</b>							
<b>Indicadores</b>	<b>Densidad poblacional</b>	<b>Aspectos Hídricos</b>	<b>Uso de la Tierra</b>	<b>Divergencia de uso</b>	<b>Estabilidad ecodinámica</b>	<b>Zonificación de riesgo</b>	<b>Fragilidad Ambiental</b>
Densidad poblacional	1	-	-	-	-	-	-
Aspectos Hídricos	-	1	-	-	-	-	-
Uso de la Tierra	-	-	1	-	-	-	-
Divergencia de uso	-	-	-	1	-	-	-
Estabilidad ecodinámica	-	-	-	-	1	-	-
Zonificación de riesgo	-	-	-	-	-	1	-
Fragilidad Ambiental	-	-	-	-	-	-	1

*Fuente: Elaboración Propia, 2014*

En cada par de criterios binarios se establece un orden de categorías, según la escala de valor de juicios de Saaty (ver cuadro 6), los valores van desde 1 hasta 9, los valores 2, 4, 6 y 8 son valores intermedios entre las escalas, por lo tanto a cada par de variables se le dio una escala de medición.

<b>Cuadro 6: Escala de Medición de Saaty para criterios binarios</b>	
<b>Escala</b>	<b>Significado</b>
1	Las variables son igualmente importantes.
3	Una variable es ligeramente más importante que otra
5	Una variable es notablemente más importante que otra
7	Una variable es más demostrablemente importante que otra
9	Una variable es absolutamente más importante que otra.
2,4,6,8	Valores intermedios entre escalas de juicios de valor

*Fuente: (Gómez & Barredo, 2005)*

Los datos son normalizados cuando tienen la escala de medición, para esto se divide cada dato entre la sumatoria por columna, resultando un valor promedio para cada variable. La suma de los datos normalizados por fila corresponde con el peso jerárquico por variable según el método Saaty, que se emplearía en la zonificación (Gómez & Barredo, 2005).

Para que los valores dados tengan una validez estadística, se establece la utilización de la medida global de consistencia de la matriz, esta da coherencia y pertenencia al estudio, su fórmula es:

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

IC= Índice de Consistencia

IA= Índice Aleatorio

El índice de consistencia se obtiene desde el “**eigenvector máximo**”, este corresponde con el valor mayor de las sumatorias por fila, con este dato se emplea la fórmula

$$IC = \frac{EMP - n}{n - 1}$$

EMP = “Eigenvector máximo ponderado”.

n = número de variables

Por consiguiente n = 7 y el EMP, se da después de las sumatorias de las filas de la matriz de jerarquías.

El índice aleatorio *representa el índice de consistencia de una matriz recíproca generada aleatoriamente a partir de una escala de 1 a 9, con juicios de valor recíprocos y diagonal = 1* (Gómez & Barredo, 2005). Está generado por multiplicación de matrices, Saaty definió una tabla de variables según el tamaño de la matriz (ver cuadro 7), para el caso de una matriz de 7x7 es de 1.32.

<b>Cuadro 7: Tabla de índices aleatorios para matrices según Saaty</b>											
Tamaño de matriz	1x1	2x2	3x3	4x4	5x5	6x5	7x7	8x8	9x9	10x10	11x11
Valor aleatorio	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,54

*Fuente: (Gómez & Barredo, 2005)*

En fin, la medida de consistencia global para esta zonificación ambiental estaría dada por la fórmula:

$$RC = \frac{\frac{EMP - 7}{7 - 1}}{1,32}$$

Para que el método de jerarquías obtenga validez estadística la razón de consistencia debe ser igual o menor a 0,10. Si no se cumple con ese valor es necesario que se revise los juicios de valor asignados en el método de comparación de pares en la matriz inicial. Si el valor de la razón de consistencia es inferior a 0,10 se puede considerar que existe una

consistencia apropiada de los juicios por consiguiente es válida estadísticamente (Gómez & Barredo, 2005).

Cuando cada capa obtuvo su peso ponderado, después de aplicar el método de jerarquías de Saaty, se le aplicó sobre este peso otro peso por cada atributo de cada indicador ya que el software ArcGIS requiere el peso de la capa y el peso por atributo de cada indicador. Estos valores van desde 1 hasta 9, para este estudio, estos atributos fueron tomados del perfil técnico presentada en 2009 (ver cuadro 8), en donde los números menores requieren de alta intervención y los mayores de menor intervención.

La ponderación, con los valores del método de Saaty por categoría y con los pesos ponderados por atributos de indicador, se elaboró con el software ArcGIS con la herramienta “Model Builder”, que presenta los pesos ponderados. Donde se definió la definición de cada parámetro según sus clases, generando una capa de información que corresponde con la cartografía que representaría la posible zonificación. El cuadro 8 muestra por categoría los atributos de las capas en la zona de Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar y el peso ponderado.

#### Zonificación ambiental

Con la capa de pesos, dados por el software se realizó la zonificación ambiental definiéndolas en categorías según los indicadores que haya arrojado el programa, categorizándolas en: zonas de muy alta intervención, alta intervención, moderada intervención, baja intervención y muy baja intervención, según la ponderación dada, los puntajes más bajos recaen en muy alta intervención y los más altos en zonas sin intervención.

#### Corroboración en campo

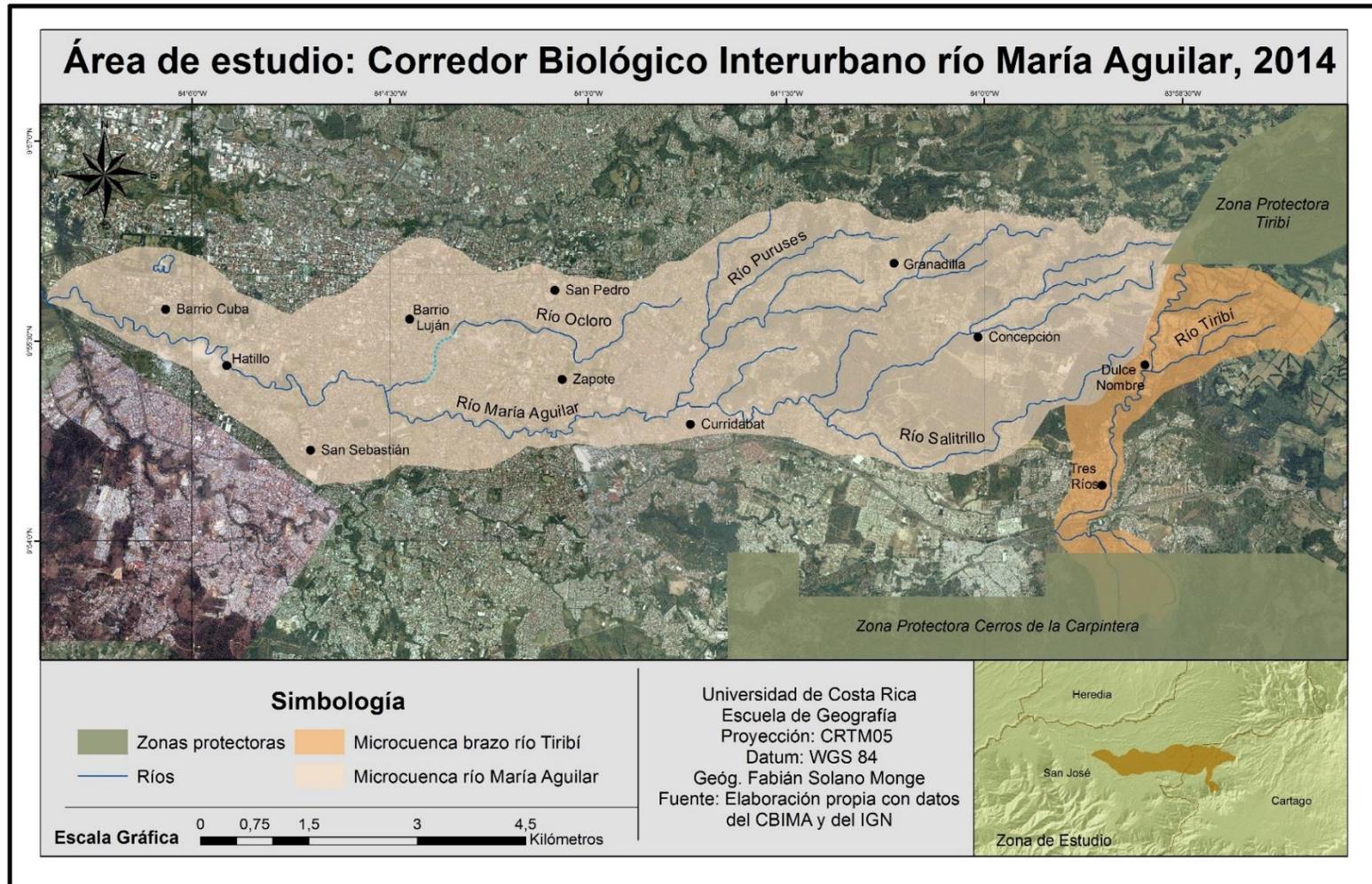
Con el mapa final elaborado, se realizó una corroboración en campo para determinar si las áreas propuestas en cada categoría de manejo corresponden con el uso real y si se pueden aplicar las recomendaciones sobre las áreas delimitadas.

**Cuadro 8: Categoría por atributo y peso ponderado**

<b>Categoría</b>	<b>Atributos</b>	<b>Peso Ponderado</b>
<b>Densidad poblacional</b>	menos de 1350 hab/km <sup>2</sup>	1
	1350-2100 hab/km <sup>2</sup>	3
	2100-4900 hab/km <sup>2</sup>	5
	4900-7500 hab/km <sup>2</sup>	7
	Más de 7500 hab/km <sup>2</sup>	9
<b>Aspectos hídricos</b>	Dentro del Área de Protección	1
	Fuera del área de protección	5
<b>Uso de la tierra</b>	Bosques (primarios, secundarios, fragmentados)	1
	Charrales	2
	Pastos y plantaciones de coníferas	3
	Zonas verdes urbanas	4
	Tajos y uso mixto	5
	Cultivos, fincas e invernaderos	8
	Densidad alta e industria	9
<b>Divergencia de uso</b>	Tierras gravemente sobreutilizadas	1
	Tierras sobreutilizadas	3
	Tierras subutilizadas	5
	Tierras utilizadas dentro de su capacidad de uso	7
	Tierras bien utilizadas	9
<b>Estabilidad ecodinámica</b>	Inestable	1
	Penestable	5
	Estable	9
<b>Fragilidad Ambiental</b>	Muy alta fragilidad ambiental	1
	Alta fragilidad ambiental	3
	Moderada fragilidad ambiental	5
	Baja fragilidad ambiental	7
	Muy baja fragilidad ambiental	9
<b>Zonificación de riesgo</b>	Muy alto riesgo	1
	Alto riesgo	3
	Moderado riesgo	5
	Bajo riesgo	9

Fuente: Elaboración propia, 2014

## 1.8. Área de estudio



Mapa 1: Área de Estudio, Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia, datos del CBIMA y del ITCR 2008.

## **2. Capítulo II: Delimitación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar**

La propuesta de delimitación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se basa en tres criterios: en los criterios para la gestión de cuencas, que responden a un concepto histórico como estrategia de gestión; en los criterios legales, para que su consolidación cumpla con la normativa costarricense; y en los criterios de distribución y uso de especies, para garantizar la conectividad en el área delimitada por medio de la descripción de flora y fauna presentada. Posterior a la discusión de los criterios, se desarrolla un diagnóstico sobre el análisis de sitio del río María Aguilar y su microcuenca para mostrar en perspectiva las condiciones del área actuales.

### **2.1. Criterios de cuenca hidrográfica**

Para el manejo integral del territorio y propiamente de un Corredor Biológico Interurbano se debe contemplar el concepto de cuenca, entendido como un sistema abierto que transfiere flujos de energía y materia, que escurre hacia un mismo punto y que posee características hidrológicas, climáticas, geográficas y socioeconómicas similares.

El diagrama 1 muestra la importancia de este concepto, según el PNUD (2001), por escalas en: aspectos fundamentales, gestión y manejo a través de Corredores Biológicos. Estas escalas serán detalladas para el caso del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, como un insumo para determinar la importancia del concepto de cuencas en la delimitación del área del mismo.

#### **2.1.1. Aspectos fundamentales de la gestión de cuencas**

Se entienden como aspectos fundamentales todos aquellos que contemplan la conservación de la naturaleza, es decir aspectos muy macro y que no se focalizan en una escala en particular sino que funcionan como las principales herramientas a tomar en cuenta, sobresalen cuatro aspectos fundamentales.

- Fomento, uso, manejo y conservación sostenible de la biodiversidad: la cuenca como sistema abierto está sujeta a una funcionalidad y está determinada en mayor medida por la conservación de la biodiversidad, entendida como la protección de zonas verdes o de importancia para la cuenca. Además del fomento, uso y manejo adecuado de estos recursos naturales para el aprovechamiento óptimo del sistema (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2001).

- Capacidades de gestión: la gestión de cuencas es un tema pionero, ya que comprende un esfuerzo mayor por lograr integrar actores de instituciones y a los municipios pertenecientes, por lo que siempre se ve condicionada por el interés de los involucrados, en participar en la toma de decisiones colectiva.
- Viabilidad económica: para una gestión de cuencas efectiva debe existir una viabilidad económica significativa, para que la formulación y evaluación de proyectos e iniciativas le den un carácter de producción y protección según las características predominantes de cada área, por consiguiente se deben buscar los mecanismos para un financiamiento eficaz y que cubra las necesidades reales (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2007).
- Sociedad civil: la inclusión de la sociedad civil es el eje primordial en el manejo de cuencas, ya que le da el enfoque participativo y además se integra a la población para saber cómo se actúa, a quién se beneficia y que conviene a la cuenca según la mezcla de intereses y según las funciones reales en la toma de decisiones.

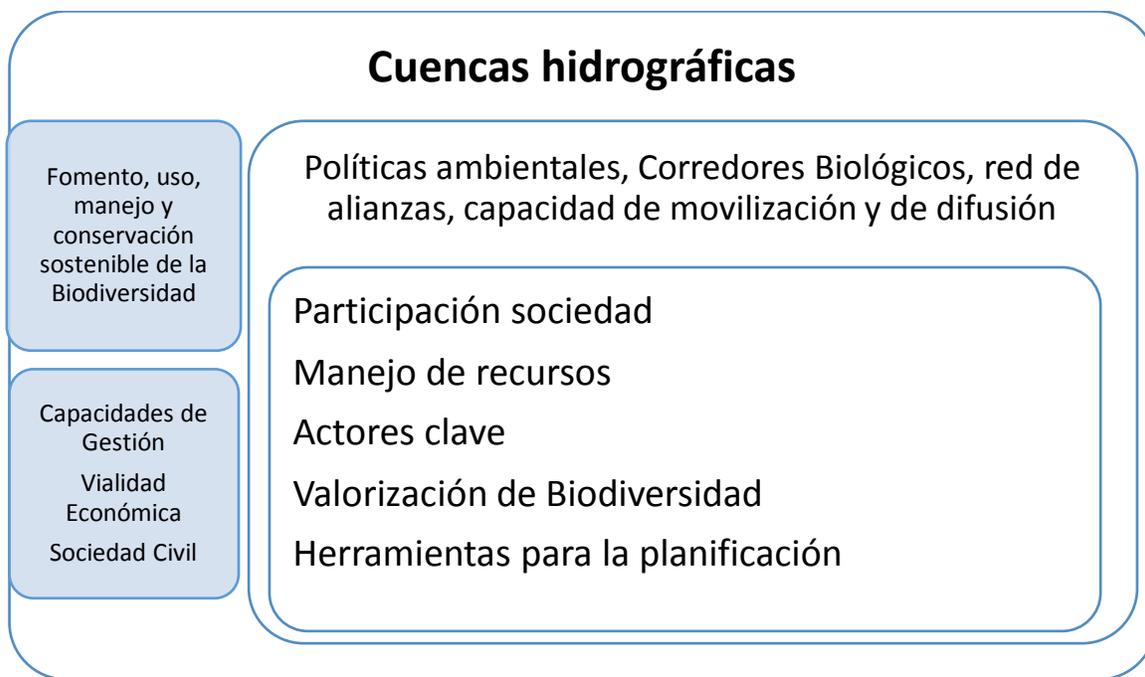


Diagrama 1: Criterios para la gestión y manejo de cuencas, aplicado al Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia, datos del (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2001)

### **2.1.2. Gestión de cuencas en corredores biológicos**

Según el PNUD (2001), la gestión de cuencas es parte del concepto de Corredores Biológicos, estos al ser una categoría de manejo que se sobrepone, en términos espaciales sobre otras áreas, tiene que funcionar como un sistema auxiliar para el manejo del área en el que se encuentre. Para el caso específico del río María Aguilar al estar ubicado sobre el centro económico y de servicios más grande del país debe poder gestionarse a través de la dinámica del sitio.

Entonces surge la pregunta: ¿cómo es posible la gestión en Corredores Biológicos Interurbanos?, la respuesta recae en la capacidad organizativa que tengan las instituciones. El estudio de caso posee un consejo local con representantes de todas las instituciones públicas del país involucradas en materia ambiental, esto le da carácter de poder sostenerse sobre políticas ambientales concretas, de tener una red de alianzas para los proyectos, y por lo tanto de tener capacidad organizativa como un eje fundamental, por último posee la capacidad de movilización y de difusión esto para que las personas sepan qué se hace y por qué, presentando resultados que beneficien la calidad de vida en general y la calidad del sitio en términos sostenibles.

### **2.1.3. Manejo de cuencas en corredores biológicos**

A través de los aspectos fundamentales y de la gestión de cuencas en Corredores Biológicos se desarrolla el manejo de cuencas, es decir que se puede realizar en estas áreas bajo los puntos hacia el manejo integrado de cuencas por medio de Corredores Biológicos, se detallan cinco aspectos enfocados al estudio de caso.

- Participación de la sociedad civil: la participación de la sociedad en las actividades, difusión y toma de decisiones debe ser el eje principal para el manejo de cuencas. En el caso del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se cumple este aspecto, al tener representación local por medio de síndicos y al incorporar a la población en las actividades realizadas.
- Manejo de recursos naturales: el cómo se va a manejar el área, basado en cuáles aspectos y cuáles zonas requieren intervención, y el manejo de recursos es un trabajo continuo con las municipalidades, donde se traten los temas hídricos, de biodiversidad y de recursos naturales, sobre el aprovechamiento óptimo sostenible de los recursos naturales mediante un trabajo interinstitucional.
- Actores clave: refiere a la red de alianzas antes descrita, la repartición de responsabilidades y el trabajo interinstitucional para el manejo adecuado del área, de

forma conjunta y eficaz. El CBIMA al poseer un consejo local pueden crear medidas y propuestas para ampliar e involucrar nuevas entidades.

- Valorización de biodiversidad: se debe tener en cuenta el enfoque sostenible sobre los recursos naturales y cómo se actúa mediante los Corredores Biológicos, que buscan involucrar la temática de cómo garantizar conectividad y funcionalidad entre especies y paisajes, y cómo garantizar la protección y el mejoramiento de la biodiversidad en todos los aspectos.
- Herramientas para la planificación: por último, los corredores biológicos son pieza esencial para la planificación local y urbana, deben ser tomados en cuenta para el manejo mediante estrategias que ayuden a conservar la cuenca además de funcionar como sistemas para el ordenamiento territorial y la aplicación de la legislación nacional.

## **2.2. Criterios legales**

El componente legal para la existencia del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se ampara en diferentes legislaciones y normativas nacionales. En este apartado se detallan las principales leyes y convenios para que el proyecto se consolide como oficial y tenga carácter legal, así como para que las diferentes áreas puedan tener las herramientas para la gestión y el manejo eficaz.

Se desarrollan dos escenarios, el primero corresponde con el marco político estratégico a nivel global y regional y el segundo corresponde con el marco legal nacional donde mencionan por artículos y leyes, según la funcionalidad en materia ambiental.

### **2.2.1. Marco político estratégico global y regional**

El marco político estratégico a nivel global corresponde con las convenciones, tratados y estrategias principales. Entre estas sobresale La Convención sobre la Diversidad Biológica de 1992, esta promueve medidas que conduzcan a un futuro sostenible, tomando en cuenta diferentes niveles como lo son: ecosistemas, especies y recursos genéticos, elementos significativos en los corredores biológicos.

La Agenda 21 proveniente de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992, que es suscrita por 172 países, propone el apoyo de iniciativas que construyan un modelo de desarrollo sostenible para el siglo XXI, entre estos sobresalen: el impulso a la creación de nuevas áreas protegidas, la protección a la diversidad y las políticas sobre cuerpos de agua, donde se enmarcan las iniciativas de protección y manejo. La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora

Silvestres de 1973 (CITES), pretende velar porque el comercio internacional de especímenes de animales y de plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia. Esta convención es importante en temas de extinción y de movilidad de especies, y formula la importancia de la legislación nacional para la implementación efectiva, sobre el caso de la movilidad de especies en corredores biológicos interurbanos.

A nivel regional la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), busca contribuir al desarrollo sostenible de la región centroamericana mediante el plan ambiental regional vigente para el 2014, cuyo objetivo era el fortalecimiento del régimen de cooperación para la gestión ambiental. Además la Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible (ALIDES), de 1994, en sus principios y en sus objetivos persigue inducir un proceso de cambio progresivo en la calidad de vida del ser humano, que implica el crecimiento económico sustentado en el equilibrio ecológico, cuya visión compete a la creación y manejo de áreas desde corredores biológicos, bajo el enfoque de ciudades sostenibles y visión de Biosfera como un sistema unido donde se desarrollen estrategias en común.

Respecto a las políticas y estrategias nacionales, sobresale primeramente el Plan Nacional de Desarrollo del 2015-2018. En el área de ambiente y ordenamiento territorial, propiamente para el caso de manejo de biodiversidad, menciona la importancia de la eficiencia económica con la responsabilidad ambiental además que se nombra el proyecto Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar (Ministerio de Planificación y Política Económica, 2015). La Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad, corresponde con la aplicación del Convención sobre la Diversidad Biológica y la labor de Costa Rica respecto a las metas que tratan sobre el manejo sostenible y el uso de recursos genéticos, y las medidas de protección y de tráfico de especies.

El Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, del 2010-2015, nombra la competencia del SINAC que coadyuva en el establecimiento de un sistema de gestión integral del territorio con enfoque ecosistémico, que propicia la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y de los recursos naturales. Las Políticas para Áreas Silvestres Protegidas del SINAC, del 2011, se enfocan en garantizar la conectividad de las áreas silvestres protegidas mediante mecanismos de conservación, para mantener la integridad de los ecosistemas, a través de corredores biológicos (Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), 2010).

Por último el Programa Nacional de Corredores Biológicos vigente a la fecha, enfatiza en desarrollar las coaliciones sociales que generan esfuerzos para conservar la biodiversidad y para propiciar la producción de bienes y servicios amigables con la

naturaleza. Además de apoyar el trabajo que se desarrolla en cada uno de los Consejos Locales de Corredores Biológicos que operan en las Áreas de Conservación del país.

Las estrategias internacionales son las que propician el desarrollo de planes y programas locales esto se da al existir un compromiso global para el mejoramiento ambiental de las diferentes zonas. En temas ambientales las políticas estratégicas están muy desarrolladas, propiamente para el tema de corredores biológicos en todos los convenios mencionados se refieren a la protección de especies y la conectividad de las mismas, así como a la necesidad de crear zonas protegidas, por lo que la problemática ha sido estudiada y ampliamente desarrollada a nivel global e implementada por medio del SINAC a nivel nacional correspondiendo con el eje de acción en torno a la biodiversidad y ordenamiento territorial.

### **2.2.2. Marco legal nacional**

Para el marco legal nacional primeramente se menciona en el artículo 50 de la Constitución Política de la República de Costa Rica que: *el Estado procurará el mayor bienestar a todos los habitantes del país, organizando y estimulando la producción y el más adecuado reparto de la riqueza. Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (...) el Estado garantizará, defenderá y preservará ese derecho.* Por lo tanto, como una interpretación, los corredores biológicos al tener iniciativas de protección del ambiente, reforestación y manejo adecuado de las áreas verdes se amparan ante la Constitución Política cumpliendo con el bienestar de la población y otorgando por tanto el derecho al ambiente sano para toda la población usuaria del Corredor Biológico.

El artículo 32 de la Ley Orgánica del Ambiente menciona que *todo ciudadano puede acudir por ante la Procuraduría del Ambiente o sus auxiliares para demandar el cumplimiento de las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, a fin de que las actividades o hechos denunciados sean objeto de investigación.* Al ser, el Corredor Biológico, una de las pocos proyectos que se interesan por la conservación y mejora del ambiente en zonas urbanas cumple como organismo auxiliar de las municipalidades para la defensa del ambiente, y para poder satisfacer las necesidades de la población que se ubican en el área y que no cuentan con el privilegio de espacios verdes o zonas para la reforestación, entre otros; como un factor determinante para la calidad de vida íntegra.

El Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se establece según el Acuerdo N°7, en el artículo III de la Sesión Ordinaria N°98, celebrada por la Corporación Municipal del Cantón Central de San José, el día 19 de octubre de 1999. Del Concejo Municipal de la Municipalidad de San José, determinó que:

*“El Concejo Municipal de San José, acuerda que según el Artículo 43 de la Ley de Biodiversidad, se dediquen en forma exclusiva , al cumplimiento de los mandatos legales establecidos en esa Ley, procurando dar especial énfasis y atención al desarrollo y conservación de las márgenes de los ríos María Aguilar, Torres y Tiribí, en especial al cuidado, limpieza y protección de las aguas, el mejoramiento y conservación de la belleza escénica, a la captura del dióxido de carbono y al estudio y solución de los problemas generados por el cambio climático y el efecto invernadero”.*

Por lo tanto se formula el proyecto, se crea la iniciativa y se exponen estrategias para el manejo adecuado del área. Además según el artículo 1 del Código Municipal se menciona que *el municipio está constituido por el conjunto de vecinos residentes en un mismo cantón, que promueven y administran sus propios intereses por medio del gobierno municipal, que le da carácter de participación de la sociedad civil como un medio para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas.*

En cuanto al financiamiento del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar según el artículo 43 de la Ley de Biodiversidad se menciona que:

*(...) de los fondos recaudados por medio del timbre pro-parques nacionales, se destinará un diez por ciento (10 %) a la Comisión de lo recaudado por concepto de los timbres, cuya recolección que competará a las municipalidades, un treinta por ciento (30 %) será destinado por el municipio a la formulación e implementación de estrategias locales de desarrollo sostenible y un setenta por ciento (70 %) para las Áreas protegidas de Conservación respectiva.*

De esta forma se financia el Corredor Biológico, es decir de un porcentaje de las estrategias locales para el desarrollo sostenible de los cinco municipios involucrados en el área. Esto ha reducido su capacidad de manejo, pero le da carácter de auto-funcionamiento al tener sus propios fondos para el manejo del área por medio de pequeños proyectos.

La gestión de cuencas en el país es apoyada por la Ley 7779, de Uso, Manejo y Protección de Suelos, la cual menciona el amparo de protección para el agua y pone en contexto a la cuenca hidrográfica como unidad en el ordenamiento territorial y que las políticas territoriales giren en torno a este concepto. Concretamente en su artículo 15 menciona que *se definirán los planes de manejo, conservación y recuperación de suelos por áreas, tomando como criterio básico para definir la cuenca o subcuenca hidrográfica.* Para el corredor biológico es de vital importancia ya que le da sustento legal para su delimitación en función de cuenca hidrográfica.

En el artículo 32, de la misma ley, se menciona *que toda actividad que implique riesgo de contaminación de los suelos, deberá basarse en una planificación que evite o minimice el riesgo de contaminación de tal recurso*. Por lo tanto en el área de estudio sería potestad del Corredor Biológico ser un agente en la ordenación del territorio para la protección de las aguas y de los suelos. Por último en el artículo 33, se detalla que el manejo de residuos para diferentes áreas debe ser trabajado de forma interinstitucional cumpliendo con ciertos aspectos: lugares seguros de depósito, lugares que impidan la contaminación y medidas para la lixiviación en residuos de fertilización.

Por último para el área de protección directa del Corredor Biológico, se recurre a los artículos 32 y 33 de la Ley Forestal donde se menciona primeramente que *los terrenos con plantaciones e individualmente los árboles en pie plantados en esas tierras, propiedad de particulares, servirán para garantizar préstamos hipotecarios y prendarios, respectivamente. Con este fin, se autoriza al Registro Público de la Propiedad para anotar, al margen, esos gravámenes sobre el inmueble afectado*. Además se protegen las áreas verdes en los diferentes terrenos, y se declaran áreas de protección las siguientes:

*“Las áreas que bordeen nacientes permanentes, definidas en un radio de cien metros medidos de modo horizontal. b) 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”.*

Estas áreas corresponden con los sistemas de protección absoluta que posee el Corredor Biológico para la conectividad de las especies, además se determinó según la pendiente y el artículo de la Ley Forestal antes mencionado las áreas de protección de los márgenes del río ya sean de 10 o 50 metros.

Basado en las características legales el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar cuenta con el Reglamento del Consejo Local en el cual se definen los principales objetivos de la institución de manera general destacan:

*(...) el contribuir a mejorar la calidad de vida de la microcuenca, impulsar una Agenda Ambiental Regional, basada en un modelo integral en el cual se enfrenten los temas de la deforestación, protección de bosques, cuencas, adecuado manejo de los desechos sólidos y cambio climático, bajo la participación activa de la ciudadanía; integrando los componentes de conservación con el desarrollo humano y competitividad económica del GAM y fomentar la colaboración entre los 5 cantones que conforman la microcuenca (Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, 2011).*

Se demuestra, que con los criterios legales, basados en las estrategias y convenios internacionales, se motiva e incentiva los proyectos para la protección ambiental y que según ciertos artículos de la normativa costarricense es posible consolidar los Corredores Biológicos Interurbanos; como herramientas para el manejo, gestión y ordenación del territorio en torno al eje ambiental.

A partir de este contexto legal y de la posible consolidación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar como entidad oficial, mediante el Fondo para el Medio Ambiente Global del Ministerio de Ambiente y Energía, este cuenta con financiamiento como un proyecto de bienestar ambiental y social por cuatro años para el manejo y mejoramiento ambiental del área <sup>2</sup>.

### **2.3. Criterios de conectividad**

Para mostrar la conectividad real de las especies a lo largo del río María Aguilar se establece la descripción de la flora y fauna que utiliza el área como un espacio para su movilidad y para su hábitat.

*“El ecosistema que impera en la zona corresponde con el bosque tropical húmedo premontano es el tipo de bosque más alterado y reducido y se ubica en la zona central de la microcuenca del río María Aguilar se dan la presencia de hábitats principalmente en los márgenes de los ríos y en las zonas cercanas a las áreas de protección, estos hábitats especies estacionales o migratorias, o que recurren a estas áreas como medio de movilización entre los sectores urbanos” (Espinosa, 2008).*

Según Espinosa, la importancia recae en determinar qué especies serán beneficiadas en el Corredor Biológico y que se debe generar una acción de protección para las especies de flora y fauna que se encuentren en alguna categoría de amenaza o que estén protegidas por ley; así como otras especies de los Corredores Biológicos que son particularmente vulnerables (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2011).

El establecimiento de áreas silvestres protegidas constituye una de las acciones más relevantes en materia de conservación de la biodiversidad en el país. En la década de los 70's y 80's, se produjo el mayor desarrollo del sistema de áreas silvestres protegidas de Costa Rica, no obstante en los últimos años se han creado categorías de manejo como Refugio Nacional de Vida Silvestre mixtos y privados, Zona Protectora, Humedales y Corredores Biológicos. (Ministerio de Ambiente y Energía, 2000). Por la importancia de

---

<sup>2</sup> Fondo GEF solicitado a la Dirección de Cooperación Internacional del Ministerio de Ambiente y Energía, se da aprobación por parte de la dirección de proyectos el 15 de octubre de 2014.

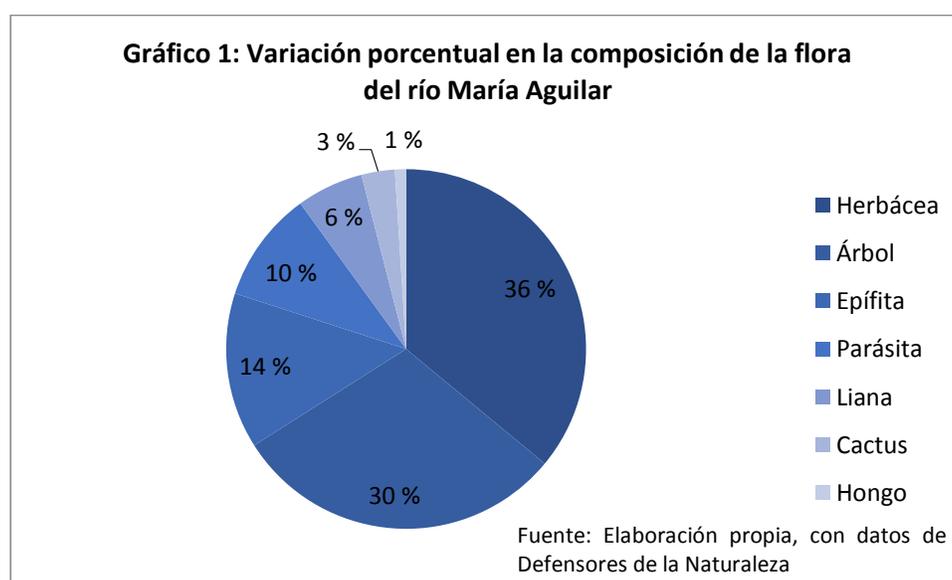
estos espacios en zonas urbanas se detalla la flora y fauna usuaria del área para garantizar la conectividad real entre las áreas silvestres protegidas ya establecidas.

### 2.3.1. Caracterización de la flora

Para la caracterización de la flora se contemplan árboles, arbustos, herbáceas y otros componentes de la flora del Río María Aguilar. Tras una clasificación hasta el menor taxón posible se puede afirmar que este sistema biológico goza aún de una gran biodiversidad, en algunos sectores del río, la cobertura vegetal abarca varias decenas de metros a partir de la ribera, tal es el caso de San Ramón y Concepción de La Unión, así como en Hatillo y Mata Redonda en menor medida. Esta cobertura se mantiene gracias a la gran pendiente que se observa en algunos puntos, la cual alcanza hasta el 90 %.

La composición de la flora de manera general se muestra en el gráfico 1, de acuerdo con las categorías ecológicas utilizadas en orden de densidad corresponde con: herbáceas, árboles, epífitas, parásitas, lianas, cactus y hongos (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001).

La flora está compuesta por aproximadamente 97 especies de árboles, 46 especies de arbustos, 117 especies de herbáceas, 10 especies de lianas, 20 especies de epifitas, 58 especies de hongos, 19 especies de helechos, una especie de cactus y otra de plantas parásitas, como la conocida "mata palo" (*Ficus prinoides*) (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001). Esto pone en evidencia la gran fitodiversidad presente en el sistema río María Aguilar (ver imagen 1), a pesar de las condiciones actuales de contaminación del cauce y de urbanización de su entorno.



La presencia de hongos en asociación con algunas especies de árboles como los robles de altura (*Quercus spp.*) y las coníferas (cipreses), evidencian relaciones de tipo simbióticas observadas en otros sitios del país (Escalante & Pizarro, 2009). Se debe recordar que algunas especies de árboles (incluidos los robles) no se desarrollan sin la presencia de tales hongos y a su vez estos no se observan en sitios donde no existen estos árboles.

Otros tipos de asociación ubicados en la zona son las que se establecen en la avifauna y los árboles nativos productores de frutas, como ocurre con el carpintero serrano (*Picoides villosus*) y el árbol cacho de venado (*Dydimopanax morototoni*) donde la primera actúa como dispersores de semillas expandiendo las fronteras del bosque y la segunda le ofrece alimento. Otro ejemplo de este tipo de relación se observa entre el *Trogon collaris* quien se alimenta de las frutas del árbol aguacatillo (*Cinnamomun cinnamoniifolia*) (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001).



Imagen 1: Vista del área ambiental reforestada del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar en Barrio Cuba<sup>3</sup>. Fuente: CBIMA, 2014.

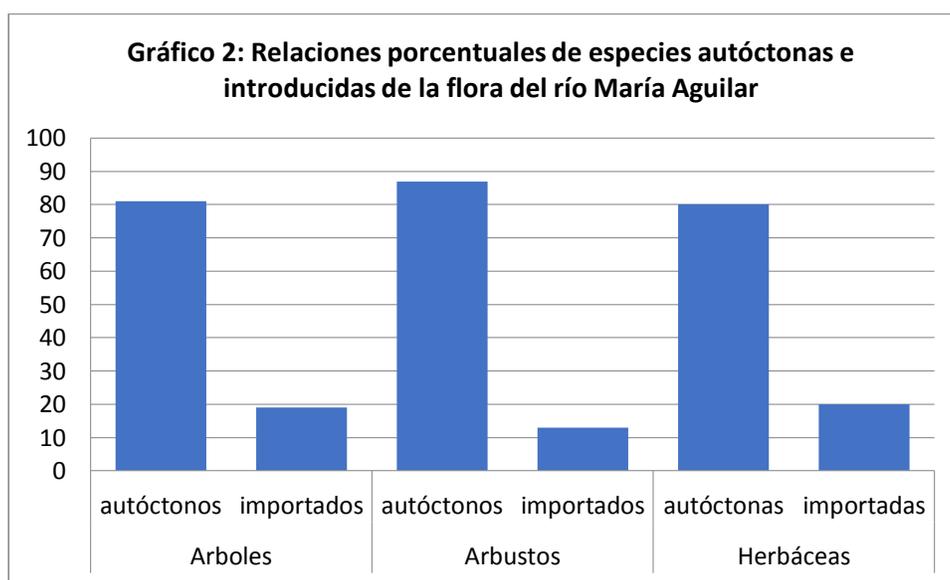
Entre los tipos de asociación existentes en el área, se encuentran las familias de plantas que son polinizadas por las aves, como por ejemplo algunas especies de bromelias, ericáceas, gesneriáceas, entre otras, las cuales producen frutos y néctar, como ocurre con la tangara ojeruda (*Chlorospingus ophthalmicus*) la cual es un residente natural de los bosques encontrados en San Ramón de Tres Ríos. Varias especies de aves encuentran abrigo durante la época de anidación en los árboles vivos; mientras que otras como los carpinteros,

---

<sup>3</sup> El área ambiental mejor conservada se ubica en Barrio Cuba, en esta se practican actividades sustentables y funciona como una pequeña zona verde recreativa para las poblaciones cercanas.

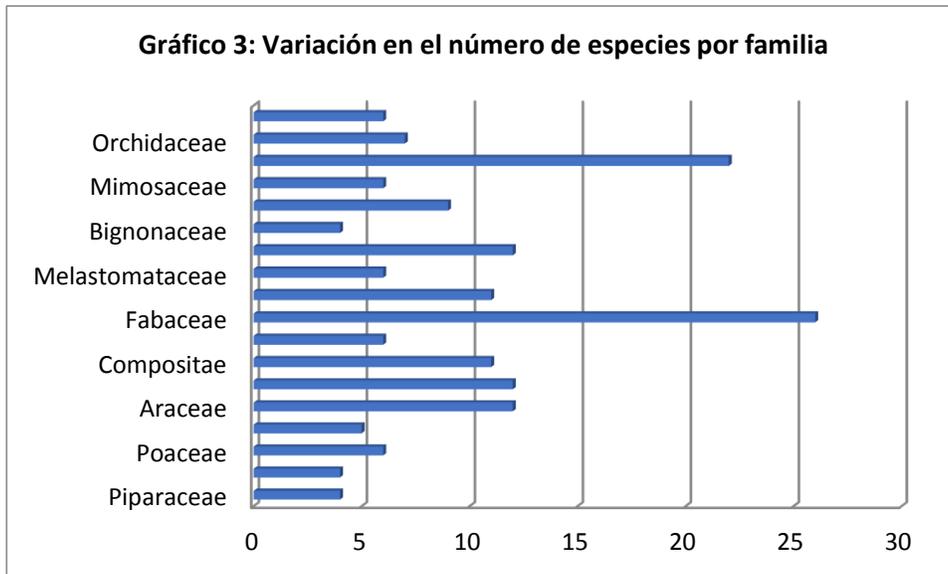
pericos y tucanes utilizan los troncos muertos para la procreación y reproducción (Escalante & Pizarro, 2009).

Las extensiones de bosque propician el desarrollo natural de todos los procesos vitales de las aves, por lo que su eliminación conlleva a la pérdida de este grupo faunístico. Aproximadamente el 80 % de la flora del río se encuentra representada por árboles, arbustos y herbáceas, de las cuales algunas de ellas son especies introducidas. Como se aprecia en el gráfico 2, las familias de árboles que más especies introducidas presentan en el río, son las rutáceas donde se ubican los limones, mandarinas, toronjas, entre otras; todas de valor comercial y alimentario. Toda la zona presenta mayor porcentaje y mayor cantidad de especies autóctonas, por lo que las especies introducidas son reducidas, estableciendo una diferencia entre aproximadamente de 70 % en la relación especies autóctonas versus especies importadas (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001).



Fuente: Elaboración propia, con datos de Defensores de la Naturaleza

Según el inventario de flora y fauna en la totalidad de la diversidad de la flora se ubican 98 familias de las cuales 19 agrupan más de cinco especies tal como se muestra en el gráfico 3, la familia *Fabaceae* muestra un mayor número de especies, en su mayoría arbóreos, la familia *Asteraceae* representada por 23 especies, muestra la mayor cantidad de arbustos y la familia *Solanaceae* exhibe 13 especies de plantas donde la mayoría son herbáceas, como ocurre con la familia *Compositae* donde existen ocho especies de herbáceas (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001).



Fuente: Elaboración propia con datos de Defensores de la Naturaleza



Imagen 2: Especie *Acnistus arborescens* del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar<sup>4</sup>.

Fuente: CBIMA, 2014

Por último se afirma entonces que la caracterización de la flora del río María Aguilar presenta condiciones específicas. En su mayoría posee especies herbáceas y arbóreas, representadas en la familias *Solanaceae*, *Compositae*, *Fabaceae* y *Asteraceae*, además sobresalen los tipos de relaciones y asociaciones entre especies, y la gran cantidad de individuos autóctonos del área (ver imagen 2).

---

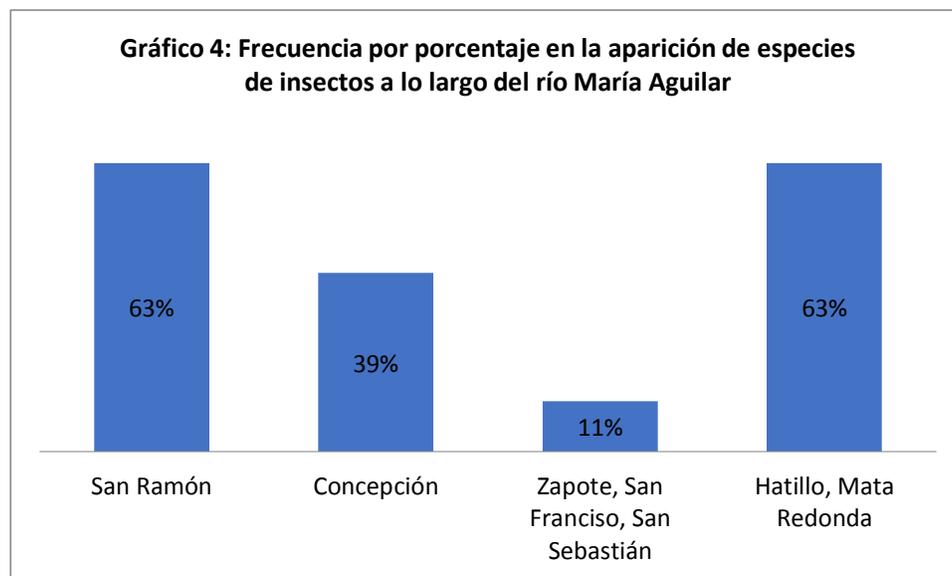
<sup>4</sup> La especie *Acnistus Arborescens* se ubica a lo largo del Corredor Biológico, correspondiente con matorral reducido es representativa de las áreas urbanas del país.

### 2.3.2. Caracterización de la fauna

Para la caracterización de la fauna, según el inventario empleado, se dividió en insectos, aves, reptiles y mamíferos, en cada grupo se detallan las especies prevalecientes y la cantidad según la fuente indicada, además de los hábitats y las funciones de estos grupos dentro del río María Aguilar.

A pesar de que los insectos constituyen el grupo zoológico de mayor diversidad y número de individuos en cualquier sistema ecológico, en el Corredor Biológico Interurbano se encuentra una diversidad relativamente baja a lo largo del cauce del río María Aguilar. En el gráfico 4 se muestran los sitios de mayor concentración de la biodiversidad entomológica de la zona de interés.

Estos corresponden por orden jerárquico con Hatillo y Mata Redonda, San Ramón y Concepción en La Unión, y Zapote, San Francisco y San Sebastián. Se evidencia que los sitios que mostraron una mayor diversidad de insectos, fueron aquellos que a su vez mostraron una mayor cobertura vegetal, además el 63 % de la biodiversidad entomológica se puede encontrar en San Ramón y en Hatillo, especialmente aquellos sitios donde los márgenes del río recuperan parcialmente la cobertura vegetal.



Fuente: Elaboración propia, con datos de Defensores de la Naturaleza

En el grupo de los insectos se detalla la variación en la composición del número de especies en diferentes sitios. Propiamente el gráfico 5 muestra los grupos taxonómicos de mayor relevancia encontrados a lo largo del Río María Aguilar, donde el 56 % de la biodiversidad entomológica se encuentra repartida entre los grupos de escarabajos,

chinchas y mariposas que son grupos muy importantes por sus contribuciones en los procesos de polinización; en menor medida se encuentran los saltamontes, homópteros, libélulas y moscas que son comunes en zonas cercanas a los márgenes de los ríos (ver imagen 3).

Los anfibios y reptiles en el río María Aguilar son los grupos que componen la mayor cantidad de biodiversidad faunística. El gráfico 6 muestra la composición en porcentaje de la diversidad encontrada y esperada de tales grupos zoológicos, donde se aprecia que el 94 % de la diversidad biológica está representada por reptiles, específicamente serpientes y lagartijas; en segunda instancia se encuentran los grupos anfibios y un porcentaje bajo de tortugas.



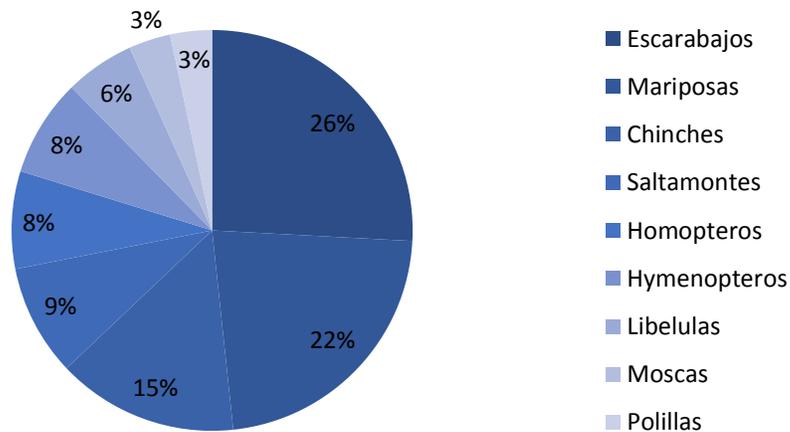
Imagen 3: Especies de mariposas cultivadas en el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, a la izquierda *Siproeta epaphus epaphus* Latreille y a la derecha *Dione Vanillae*<sup>5</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

La diversidad inclinada de reptiles podría responder a la alta densidad de roedores que se pueden encontrar en algunos puntos del río cercano a las áreas más urbanizadas, especialmente en la zona San Ramón, Concepción, Hospital, Hatillo y San Sebastián, donde se observa en el sotobosque una mayor cantidad de frutos, semillas y brotes de plántulas que eventualmente pueden ser utilizados como fuente de alimento para los roedores y además de los desechos de los establecimientos en el área (Escalante & Pizarro, 2009).

---

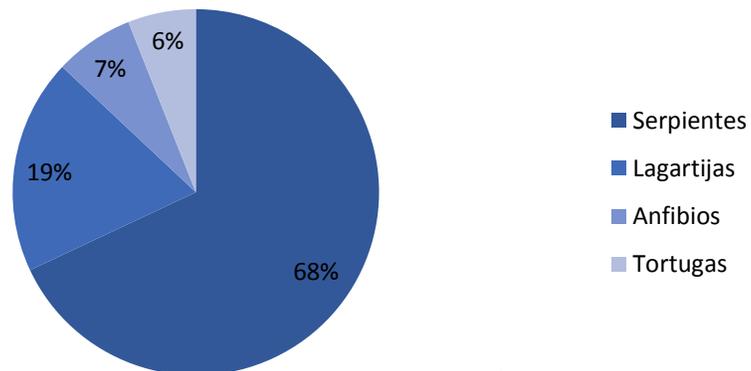
<sup>5</sup> Especies de mariposas más comunes en el área en la Microcuenca del río María Aguilar, su oficina ambiental cuenta con un mariposario donde se pueden ver estas especies.

**Gráfico 5: Variación porcentual en la composición de número de especies en grupos de insectos en el río María Aguilar**



Fuente: Elaboración propia, con datos de Defensores de la Naturaleza

**Gráfico 6: Variación porcentual de la composición de la herpetofauna del río María Aguilar**

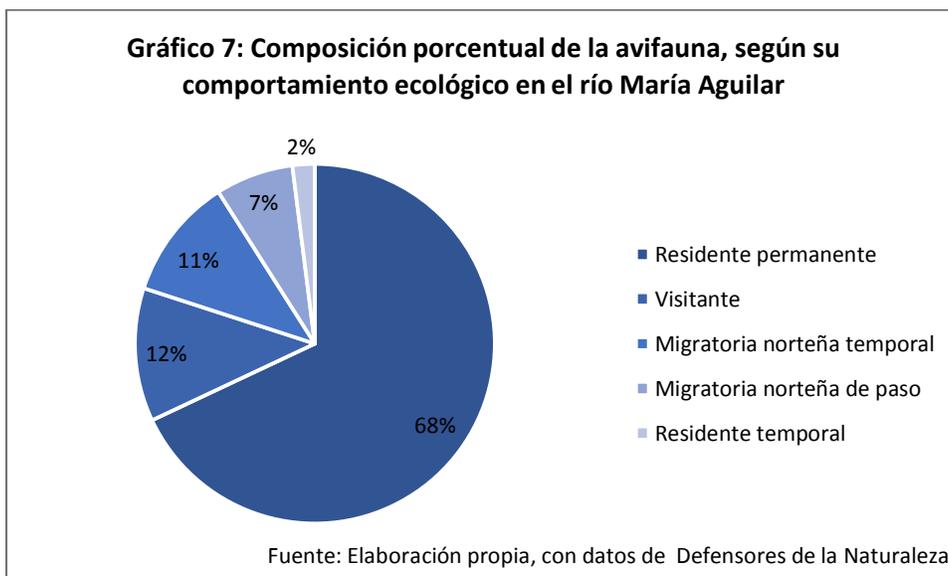


Fuente: Elaboración propia, con datos de Defensores de la Naturaleza

El 29 % de la fauna del río María Aguilar corresponde con la avifauna. La composición relativa de este grupo muestra, según el gráfico 7, que el 68 % de las especies son residentes permanentes de la zona de estudio, el 12 % son aves visitantes, el 18 % corresponde con aves migratorias temporales norteñas y de paso norteñas, y solo un 2 % es residente temporal. Por lo tanto, el comportamiento ecológico de la avifauna en las áreas verdes del río María Aguilar funciona como un sitio para la movilidad y el hábitat de las aves.

El deterioro de los sistemas ecológicos de la zona, se presenta en el gráfico 8, en este se observa que sólo el 2 % de las especies de aves registradas requieren de extensiones relativamente grandes de bosque para poder desarrollar sus procesos vitales, en otras

palabras, las aves actúan como indicadores biológicos del estado de salud de los ecosistemas. Este 2 % de la diversidad de la avifauna, se registró únicamente para la zona de San Ramón, donde se mantienen bosques de galería que propician condiciones ecológicas favorables, para el desarrollo de tales especies de aves, las cuales exhiben un menor nivel de tolerancia a las alteraciones del medio ambiente (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001).



Además, el 58 % de las aves puede ser usuaria del río y de las zonas cercanas sin la necesidad de poseer parches de cobertura vegetal. Y el 40 % si utilizan estas áreas, por lo tanto se retoma la afirmación anterior, demostrando que la zona puede funcionar tanto como hábitat de especies como para la movilidad de la avifauna (ver imagen 4).

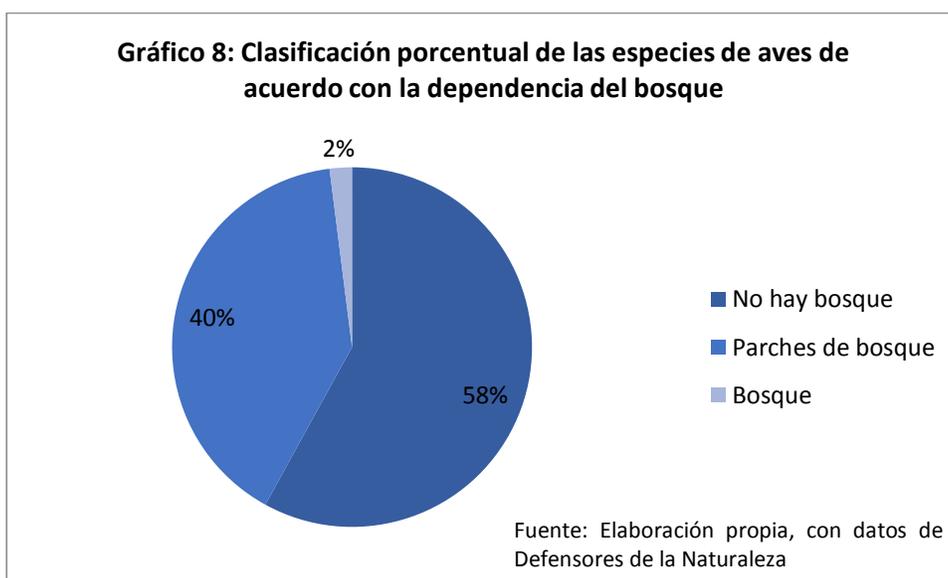




Imagen 4: Avistamientos de especies de aves del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, a la izquierda el Cabezón Plomizo (*Pachyramphus aglaiae*) y a la derecha Gavilán (*Accipiter Nisus*)<sup>6</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

Un aspecto relevante, desde el punto de la ecología, es que el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar alberga una población importante de aves que requieren de menos sitios con parches de bosque, para desarrollarse (Escalante & Pizarro, 2009). El 40 % de las especies a lo largo del río María Aguilar pueden permanecer dentro de este sistema biológico, por lo que el diseño de estrategias de manejo ambiental debe procurar mejorar las condiciones para el desarrollo pleno de tales representantes de la biodiversidad del sitio.

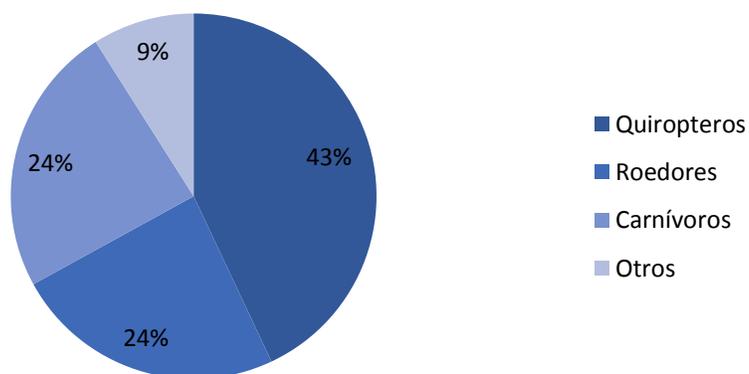
El grupo de mamíferos está compuesto por una reducida cantidad, en cuanto a diversidad. En detalle, según el gráfico 9, el 66 % en el río María Aguilar, está representado por quirópteros (murciélagos y vampiros) y roedores, donde sobre salen: los ratones, ratas y ardillas, estos poseen importancia en la dispersión de semillas, polinización de árboles, arbustos y lianas; y en menores porcentajes se ubican algunos carnívoros y otras especies domésticas (ver imagen 5).

La intolerancia de algunas especies de mamíferos por los ecosistemas alterados, impide su permanencia dentro de los márgenes del río. De acuerdo con la revisión bibliográfica se encuentran reportados, para la zona que cubre el río María Aguilar, 68 especies de mamíferos, de los cuales se detallan solo ocho en el inventario, estas especies a pesar de que tengan su radio de acción dentro de la microcuenca no se ubicaron por lo que pone en evidencia el deterioro ambiental que ha sufrido todo el sistema del cauce y la contaminación que ha generado en toda el área de estudio.

---

<sup>6</sup> La avifauna representa el principal grupo de especies que establece la conectividad alrededor del río María Aguilar, el Gavilán y el Cabezón Plomizo son dos especies que utilizan el área como hábitat y como medio para la supervivencia.

**Gráfico 9: Variación porcentual en la composición de mamíferos del río María Aguilar**



Fuente: Elaboración propia, con datos de Defensores de la Naturaleza



Imagen 5: Avistamientos de especies de mamíferos del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, a la izquierda el Tolumuco (*Eira Barbará*) y a la derecha la ardilla (*Sciurus variegatoide*)<sup>7</sup>.

Fuente: CBIMA, 2014

La composición faunística en el río María Aguilar posee ciertas particularidades, solo en los parches de bosque secundario se establece el hábitat de las aves y además se ubica la mayor cantidad de insectos, la zona presenta una gran cantidad de reptiles como serpientes y lagartijas. Basado en los criterios de conectividad se determina que el río María Aguilar posee una importancia ecológica para la movilidad de organismo, principalmente de especies arbóreas y herbáceas en cuanto a la flora y de serpientes, aves permanentes y roedores respecto a la fauna.

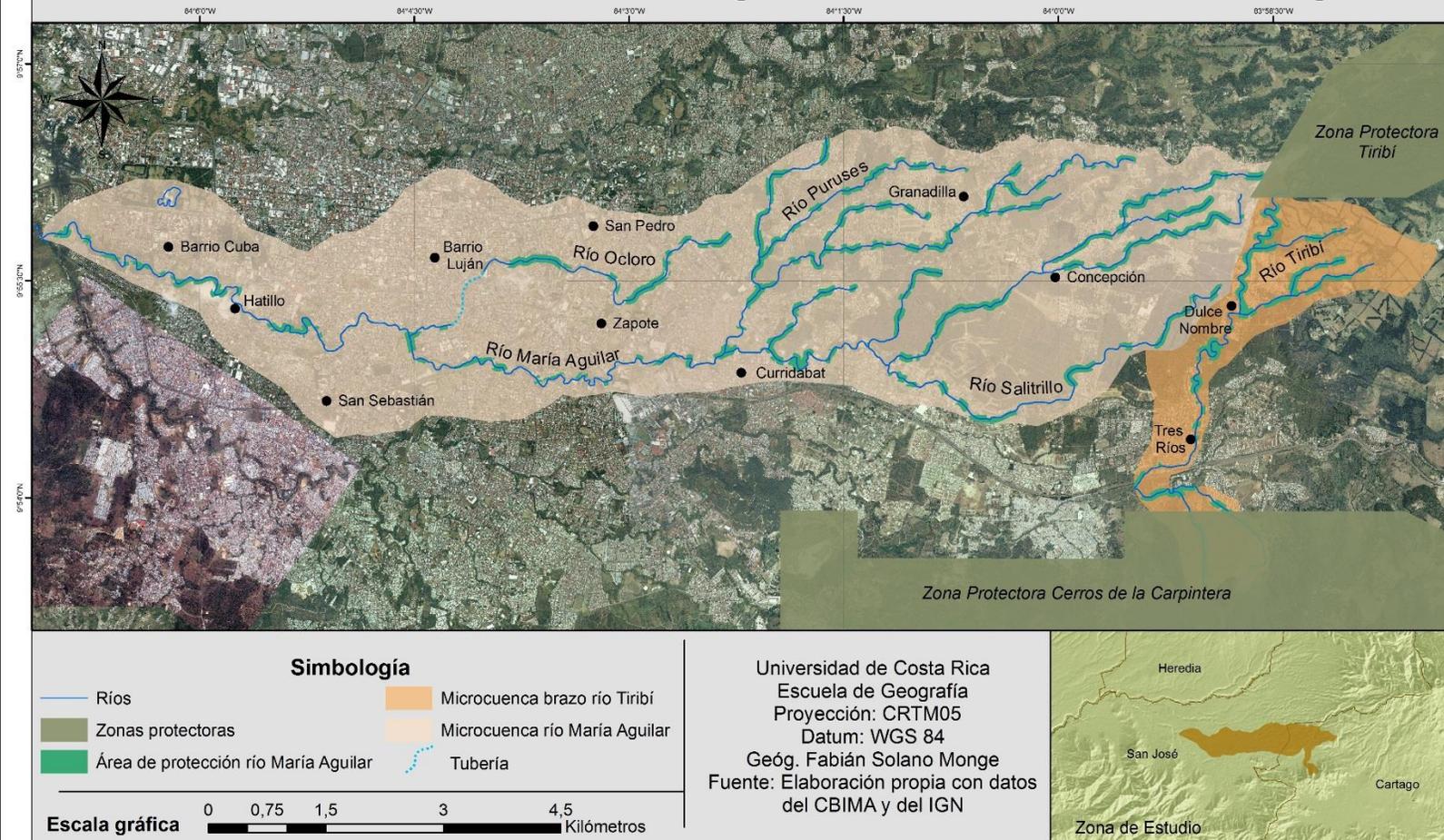
Al analizar los diferentes criterios usados para la delimitación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se detalla que con base en: los criterios de conectividad de especies y paisaje es posible es flujo entre las zonas protectoras Tiribí y Cerros de la

<sup>7</sup> Al igual que con la avifauna existen dos mamíferos usuarios del área, se han determinado varios avistamientos de ardillas y en menor medida de Tolumucos, siempre en zonas cercanas a cuerpos fluviales

Carpintera; según los criterios legales es posible la consolidación del Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar como una entidad oficial y específicamente según la Ley Forestal el Corredor Biológico contaría con zonas de protección como los márgenes de los ríos; y que según los criterios de cuenca: se debe incluir el manejo a toda la microcuenca del río María Aguilar y la microcuenca del brazo del río Tiribí para la gestión y el manejo óptimo.

A través de estos criterios se seleccionaron los ríos y las áreas de protección que garanticen la conectividad entre dos o más áreas protegidas, además de delimitar las microcuencas de los ríos María Aguilar y del brazo del río Tiribí, teniendo como resultado la delimitación del Corredor Biológico. Está detallada en el mapa 2, que involucra el río María Aguilar, el afluente río Ocloro y un brazo del río Tiribí con las microcuencas respectivas.

## Delimitación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar



Mapa 2: Delimitación del Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar, basada en criterios de conectividad, marco legal y gestión de cuencas. Fuente: Elaboración propia, datos del CBIMA e ITCR, 2008

## **2.4. Análisis de sitio: paisaje, cobertura urbana y calidad del agua de la microcuenca del río María Aguilar**

El análisis de sitio de la microcuenca en estudio se dividió por temáticas, la primera concierne al paisaje en tres sectores definidos, esta descripción fue elaborada para el Corredor Biológico en 2014, además se incorpora un segmento sobre calidad del cauce y un último sobre la cobertura urbana.

### **2.4.1. Paisaje de la microcuenca del río María Aguilar**

El paisaje de la ciudad difiere totalmente de lo que se encuentran en las áreas silvestres protegidas, en las ciudades las áreas verdes son reducidas y fragmentadas, desde el punto de vista biótico, para el río María Aguilar, el 80 % del cauce del río presenta sistemas ecológicos fragmentados y negativamente impactados (Escalante & Pizarro, 2009). Esta situación se traduce en el deterioro tanto de la calidad del agua del río, como en la acumulación inadecuada de desechos sólidos en el cauce y sus riberas, con la mayor problemática de la reducción y desaparición parcial de la cobertura vegetal en la mayor parte del trayecto del río.

Para el análisis paisajístico se dividió la microcuenca, a partir de las observaciones de campo, del análisis de los datos y de la información recopilada, en tres sectores; estos segmentos están claramente diferenciables y se facilita la interpretación ambiental del sistema como continúa y sin grandes cambios espaciales.

El primer sector, se ubica desde las nacientes del río María Aguilar en el distrito San Ramón hasta Calle Naranjo en Concepción, corresponde con la parte alta de la microcuenca, a una altitud de aproximadamente 1500 msnm, abarca aproximadamente de 2,5 km de cauce, es decir un 12 % del cauce. Este sector alberga la mayor cantidad de diversidad biológica (ver imagen 6), se registra el 51 % de la flora del total en detalle: el 100 % de especies de helechos y epífitas, el 95 % de los hongos, el 63 % de los insectos, así como el 79 % de mamíferos, el 38 % de anfibios y reptiles y el 89 % de especies de aves, representa el 61 % de la biodiversidad que ha sido registrada. (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001).

En este sector la conservación de los parches de bosque y las áreas en recuperación es producto del manejo de iniciativas locales en terrenos de la Municipalidad de La Unión, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, del Hospital Chacón Paut y el Instituto Costarricense de Electricidad, estas iniciativas han conservado parcialmente la cobertura vegetal de esta zona. Una de las características bióticas más sobresalientes de

este sector, es la presencia de los únicos parches de bosque (tipo galería) existentes en todo el río, estos funcionan como zonas de recarga acuífera, los cuales son aprovechados por Acueductos y Alcantarillados para suplir las necesidades en el consumo humano; la característica principal de estos parches de bosques, es que mantienen ejemplares de la biodiversidad del sitio (Escalante & Pizarro, 2009).



Imagen 6: Paisaje de la cuenca alta del río María Aguilar<sup>8</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

Por otro lado las formaciones geomorfológicas de este sector pertenecen a la subunidad Volcánica Irazú según Víquez y Portilla (1991), estas presentan laderas con todo tipo de pendientes compuestas por rocas volcánicas tales como brechas, lavas, tobas, aglomerados, ignimbritas, cenizas y también muchas corrientes de lodos y lahares, con diferentes grados de meteorización. En cuanto a las características geológicas presenta materiales de los periodos Terciario y Cuaternario y los depósitos fluviales y coluviales de los márgenes de las diferentes quebradas y ríos (Escalante & Pizarro, 2009). El régimen climático permite determinar en este sector una época seca bien definida desde diciembre a marzo y otra lluviosa de abril a octubre, con una precipitación anual promedio de 2656 mm para San Ramón y de 2356 mm para Concepción. La temperatura máxima promedio registrada en los últimos sesenta años es de 22,1°C, la temperatura mínima promedio es de 11,1°C, con una temperatura promedio anual de 16,6°C, para San Ramón.

---

<sup>8</sup> En la fotografía se muestra la cuenca alta del río María Aguilar en Concepción de La Unión, sobresalen los usos de pastos y bosque secundario fragmentado, al fondo de la imagen se ubica la zona urbana que invade los márgenes del río.

La importancia de este sector corresponde con la biológica e hidrológica, por los afloramientos de agua y los parches de bosque de tipo galería. En los afloramientos son comunes los intercambios de especies. Además este sector eventualmente puede comportarse como un reservorio de germoplasma del río en forma de semillas, frutos, plántulas, genes y ejemplares adultos, por lo que su manejo debe ser cuidadoso y científicamente diseñado.

El segundo sector se ubica desde Calle Naranja hasta la comunidad de Concepción, abarcando aproximadamente 1,5 km del cauce del río. Se establece este sector por el cambio en la composición florística, disminución de la altitud, precipitación anual, y el incremento en el nivel cualitativo de la contaminación del cauce del río (ver imagen 7). Sin embargo, alberga un 45 % de la diversidad biológica total del sistema, se encuentra el 40 % de las especies de plantas en detalle: 66 % de los helechos, 60 % de epífitas, 40 % de hongos, 38 % de insectos, 70 % de mamíferos, 81 % de anfibios y reptiles y 52 % de las especies de aves (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001).

Existe una disminución notoria en todos los grupos taxonómicos respecto al primer sector, salvo en la cantidad de anfibios y reptiles, se debe recordar que la temperatura ambiental mínima registrada para el primer sector es de 11.1°C, temperatura no apta para la mayoría de los reptiles, además se da una diferencia de aproximadamente 200m de altitud entre ambos sectores. Existe también un incremento en la densidad habitacional; así como en el aumento de la contaminación, especialmente en la deposición de desechos sólidos (Escalante & Pizarro, 2009).



Imagen 7: Paisaje de la cuenca media del río María Aguilar<sup>9</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

---

<sup>9</sup> En la fotografía se muestra la cuenca media del río María Aguilar en Sánchez y Curridabat, sobresalen los usos mixtos y los cultivos perennes sobre la zona urbana.

La importancia de este sector es que se ubica como una zona de transición entre los sectores I y III, por lo que el trasiego de fauna especialmente aves es totalmente factible. Este movimiento de aves se ve favorecido por el hecho de que el 69 % de las especies son residentes permanentes del sistema (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001), por otra parte este sector puede ser interpretado como el límite altitudinal (1300 msnm) de la mayoría de los reptiles. Por último, dadas las características de la cobertura boscosa y de la composición de la flora, este sector ha perdido todo su potencial como reservorio de germoplasma; pero, se han observado ejemplares de especies arbóreas en condiciones biológicas amenazadas, como el cedro amargo (*cedrela odorata*), especies de orquídeas, y especies de bromelias.

El tercer sector se ubica desde la comunidad Concepción hasta la desembocadura del río María Aguilar, en el río Tiribí en el distrito San Felipe, Alajuelita. Este ocupa aproximadamente el 80 % del cauce del río, esta área se caracteriza por exhibir los mayores niveles de urbanización, densidad poblacional, máxima actividad industrial y comercial de la microcuenca, por ende muestra los mayores niveles de contaminación del cauce.

Como una comparación de la cobertura vegetal entre los tres sectores, pone de manifiesto que el sector III presenta los mayores problemas de impacto (ver imagen 8), existen puntos totalmente desprovistos de cobertura vegetal, como se aprecian en los distritos: Zapote, San Francisco y San Sebastián (Escalante & Pizarro, 2009).

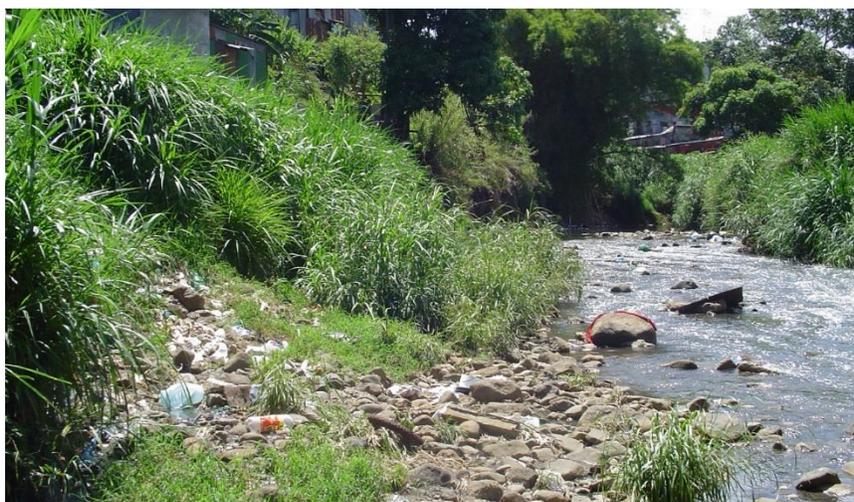


Imagen 8: Paisaje de la cuenca baja del río María Aguilar<sup>10</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

---

<sup>10</sup> En la fotografía se muestra la cuenca baja del río María Aguilar, sobresalen la ocupación ilegal en los márgenes de los ríos, así como la contaminación evidente de las aguas en estación seca y de la basura en las orillas del río.

En este sector se ubica el 55 % de las especies vegetales; este porcentaje obedece a que ocupa una mayor extensión territorial, la cobertura vegetal se caracteriza por exhibir árboles que crecen más espaciados e intercalados con malezas y charrales y con una mayor cantidad de especies introducidas, se ubica el 50 % de los helechos, el 28 % de las epífitas, el 20 % de los hongos observados, el 66 % de los insectos, el 63 % de los mamíferos, el 82 % de la herpetofauna así como el 47 % de las aves (Fundación Defensores de la Naturaleza, 2001). En este sector se aloja el 60 % de la biodiversidad del río María Aguilar este porcentaje debe considerarse relativamente bajo ya que este sector abarca aproximadamente el 80 % del río.

En este sector se ubica la mayor concentración de precarios en zonas urbanas, en algunos puntos se incrementan los impactos negativos, ya que estas viviendas descargan sus aguas negras directamente al cauce. Para 2014 se ubicaron 34 precarios en este sector y 45 en toda el área de la microcuenca (ver cuadro 9 y mapa 3).

Los márgenes del río María Aguilar recuperan parcialmente la cobertura vegetal, desde el distrito Hospital hasta la desembocadura del María Aguilar en el río Tiribí, este incremento de cobertura se da porque aún existen terrenos sin urbanizar.

La importancia en este sector recae en que es el área de mayor impacto ambiental por las condiciones que presenta, es un sitio que debe ser recuperado por la ausencia de grandes parches boscosos para albergar especies y que se den procesos ecológicos de importancia. Existen sectores que pueden ser reforestados especialmente en los márgenes del río en las localidades de Concepción, Cipreses, Parque de la Paz, Hatillo y Mata Redonda, además que existen algunas nacientes de agua en este sector ubicadas en Concepción, Cipreses y Hatillo los cuales deben ser incluidos dentro de un plan de manejo hidrológico.

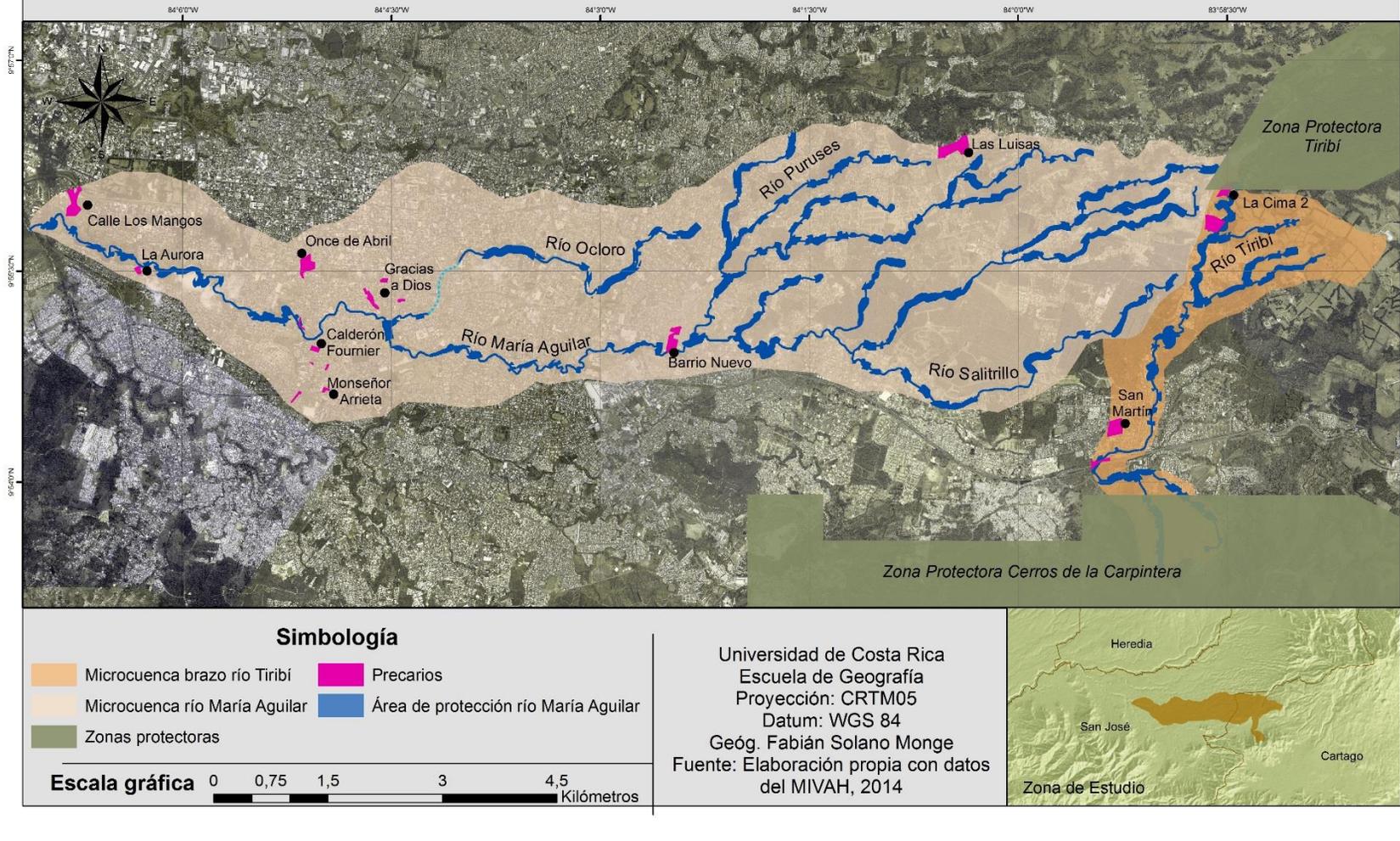
Al comparar las tres unidades de paisaje estas son claramente diferenciables, desde las condiciones locales, climáticas y altitudinales hasta los usos y las especies usuarias de la zona. Existe una degradación paisajística desde la cuenca alta hacia la cuenca baja, esto por el grado de urbanización dado, así como por las singularidades que presentan tanto el cauce como las áreas próximas.

**Cuadro 9: Precarios ubicados en el área del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar**

<i>Cantón</i>	<i>Distrito</i>	<i>Nombre Precario</i>	<i>Cantón</i>	<i>Distrito</i>	<i>Nombre Precario</i>
San José	Hospital	Once de Abril	Curridabat	Tirrases	15 de Agosto
San José	Hospital	Premio Nobel de la Paz	Curridabat	Tirrases	Barrio Corazón de Jesús
San José	Zapote	Barrio Nuevo	Curridabat	Tirrases	El Mirador
San José	Hatillo	Bajos de Hatillo 5, Las Gavetas	Curridabat	Tirrases	Gloria Calderón
San José	Hatillo	Florida Sur	Curridabat	Tirrases	Kira de Castillo
San José	Hatillo	Gracias a Dios	Curridabat	Tirrases	Llanos de Gloria
San José	Hatillo	Hogar Propio	Curridabat	Tirrases	Miravalles
San José	San Sebastián	Asprovicruz	Curridabat	Tirrases	Ponderosa I
San José	San Sebastián	Lomas Barracones de Luna Park	Curridabat	Tirrases	Ponderosa II
San José	San Sebastián	Calderón Fournier	Curridabat	Tirrases	Ponderosa III
San José	San Sebastián	El Play	Curridabat	Tirrases	Santa Cecilia
San José	San Sebastián	Monseñor Arrieta	La Unión	Tres Ríos	Asentamiento San Martín
San José	San Sebastián	Ranchos Arrieta	La Unión	San Diego	San Diego
Alajuelita	San Felipe	Asociación Provivienda Los pinos	La Unión	San Rafael	La Arboleda
Alajuelita	San Felipe	Bajo Las Gavetas	La Unión	San Rafael	Quebrada El Fierro
Alajuelita	San Felipe	La Aurora, Precario III	La Unión	San Rafael	San Vicente
Alajuelita	San Felipe	La Plaza	La Unión	Concepción	Buena Vista
Alajuelita	San Felipe	Los Chorros	La Unión	Concepción	Clima 1 San Valentín
Alajuelita	San Felipe	Vendedores Ambulantes	La Unión	Concepción	Concepción
Montes de Oca	Sabanilla	Calle La Mora	La Unión	Concepción	La Cima 2
Montes de Oca	San Rafael	Barrio Sinai	La Unión	Concepción	Las Luisas
Curridabat	Granadilla	Las Luisas	La Unión	Dulce Nombre	Asentamiento Las Brisas
Curridabat	Granadilla	U Europa Junta Progresista Barrio Luján			

Fuente: Elaboración propia con datos del MIVAH, 2014

# Precarios ubicados en el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, 2014



Mapa 3: Precarios ubicados en zonas cercanas al Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia, datos del MIVAH, 2014.

#### **2.4.2. Cobertura urbana histórica de la microcuenca del río María Aguilar**

La cobertura urbana se analiza de forma histórica en cuatro momentos, por la disponibilidad de datos, desde 1976 hasta la actualidad. Se detalla para explicar teóricamente como el paisaje ha evolucionado y la situación actual prevaleciente.

Según Porras (1998), para 1976 la cobertura urbana correspondía con el 72.2 % del área total de la cuenca y habían cerca de doce distritos con una cobertura urbana mayor al 80 %, los más urbanizados en San José. Para ese año ya se daban los fenómenos de fusión y conurbación entre San José y Zapote - San Pedro, lo que extendía la zona comercial y habitacional de la capital.

Para 1986 la cobertura aumentó al 80.3 %, albergando 14 distritos con cobertura urbana superior al 80 %, esta era uniforme y continua convirtiendo la década de 1976-1986 como la de mayor cantidad de construcción de urbanizaciones. Para 1996 el área urbana aumentó considerablemente y todos los distritos presentaban 85 % de cobertura urbana, los distritos centrales superaban el 90 % de cobertura y se empezó a forjar la ocupación de los terrenos cercanos a la ciudad, desarrollo de zonas periféricas y el inicio de los asentamientos en precario.

Actualmente todos los distritos poseen una cobertura urbana mayor al 90 % y toda el área de la microcuenca se encuentra conurbada o unida, desde Concepción hasta San Felipe. Las áreas mayormente concentradas se ubican en el noroeste, centro de la ciudad y periferia sur, teniendo una tasa constante de crecimiento en el periodo 1976-2000 del 30 %, actualmente se redujo al 3 % por la ausencia de espacios vacíos para el establecimiento de la población (Porras, 1998).

Históricamente la microcuenca del río María Aguilar ha sido utilizada como el área de mayor desarrollo del país, teniendo el centro comercial, educativo y de servicios más grande. Gran cantidad de instituciones y sus sedes centrales y gran cantidad de población utiliza la zona como hábitat, además de las personas que transitan por la microcuenca como un eje de conectividad a nivel nacional.

#### **2.4.3. Calidad del agua del río María Aguilar**

El río María Aguilar fue catalogado por Acueductos y Alcantarillados como el tercer sistema lótico más contaminado de San José, superado por el río Ocloro y la Quebrada Lantisco. Los parámetros físico-químicos del agua del río, ponen en evidencia que la calidad del agua sobrepasa los valores mínimos aceptados por las agencias internacionales ambientales como la Environmental Protection Agency de Estados Unidos. Las

concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), el porcentaje de saturación, la concentración de nitrógeno amoniacal, el fósforo disuelto, son totalmente incompatibles con la vida en estos sistemas lóticos (Acueductos y Alcantarillados, 2000).

En detalle, para 2007, según el parámetro de nitrógeno amoniacal, usado para determinar el nivel de toxicidad del agua que impide el desarrollo de la vida acuática, para el río María Aguilar sobrepasa los 12 mg/L en la época seca, lo que refiere a una contaminación muy severa en el cauce; y en época lluviosa baja a una contaminación moderada por el aumento de escorrentía. En el caso del oxígeno disuelto, que mide la salud de los sistemas acuáticos, obtuvo valores en los 8,0 mg/L y los 5,0 mg/L siendo el parámetro mínimo para conservar la vida acuática 5,0 mg/L (Calvo & Mora, 2007).

Según el porcentaje de saturación de oxígeno, que mide el agua limpia, presión atmosférica y temperatura, se obtuvieron valores alrededor del 6 % de saturación, entre más alejado se encuentre del 100 % más se habrán perdido las condiciones normales de un cuerpo de agua. Por último los sólidos suspendidos totales (ver imagen 9), son toda la materia sólida en suspensión, para el río María Aguilar se obtuvo de 125 mg/L siendo el valor mayor en toda el área metropolitana, lo que ejemplifica el grado de contaminación severa que posee (Calvo & Mora, 2007).



Imagen 9: Sólidos suspendidos en el río María Aguilar en el sector de Mata Redonda<sup>11</sup>. Fuente: CBIMA, 2014.

Por lo tanto ante cualquier gestión de recuperación de estos sistemas lóticos, en los cantones San José, Montes de Oca, Curridabat, La Unión y sus áreas de influencia, se debería de iniciar por un conocimiento exhaustivo de las condiciones abióticas y bióticas de estos

---

<sup>11</sup> La fotografía presenta un ejemplo constante a lo largo de todo el río María Aguilar, la contaminación por medio de desechos sólidos en los márgenes de los ríos, en algunos casos, funcionan como botaderos al aire libre.

sistemas. Este tipo de estudio nunca se ha elaborado y debe incluir las actividades del entorno, que afectan directa o indirectamente el cauce, los márgenes, la composición de la biodiversidad, así como el desarrollo natural y normal de las diferentes especies (Escalante & Pizarro, 2009).



Imagen 10: Contaminación en las orillas del río María Aguilar, sector de Hatillo. Fuente: CBIMA, 2014.

Actualmente con el proyecto del Plan de Mejoramiento Ambiental para el GAM, se recuperarían muchas de las aguas de desechos de los hogares, con esto ciertos procesos para la tasa de recuperación se podrían emplear; pero, existe la problemática de que el río María Aguilar posee un cauce constante gracias a las aguas vertidas sobre este, además en observaciones de giras de campo, se determinó que desde las nacientes el agua viene contaminada por infiltración, por las urbanizaciones establecidas antes del nacimiento del río, poniendo en problemática el sistema hídrico. El río María Aguilar ha sido considerado históricamente la cloaca de San José, este ha sido su principal uso, con el mejoramiento ambiental de la zona y la aplicación de la legislación se puede recuperar lentamente el sistema hídrico para el manejo acertado de la zona en estudio.

La microcuenca del río María Aguilar es un área urbanizada en su totalidad, con pequeños espacios de bosques secundarios y bosques secundarios fragmentados, donde se da una ocupación del espacio de forma residencial, comercial y de servicios, además el río María Aguilar es uno de los cauces más contaminados del país donde la vida acuática no es posible pero el desarrollo de vegetación y de hábitats para la fauna se puede dar en sus márgenes (ver imagen 10). Por último, existen una serie de iniciativas y de proyectos que pueden revertir la situación actual hacia un enfoque más sostenible del área que deben ser fortificadas y difundidas para un manejo oportuno.

### **3. Capítulo III: Indicadores para la zonificación ambiental del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar**

Los indicadores para la propuesta de zonificación ambiental se determinaron desde la delimitación propuesta y desde el análisis de sitio de la microcuenca del río María Aguilar. Se desarrollan siete indicadores que identifican la zona en diferentes áreas, propiamente en temáticas de suelos, hidrogeografía, demografía, riesgo y vulnerabilidad, fragilidad y estabilidad territorial, con base en estos criterios se desenvuelve la propuesta de zonificación ambiental.

En este capítulo se explica cada indicador mencionado basado en registros institucionales y estudios en materia ambiental y de consulta bibliográfica. Además se desarrollan sus características y la situación local prevaleciente, ya sea por medio de zonas o sitios con dinámicas singulares, o de manera general según las condiciones imperantes en una continuidad espacial uniforme, esto desde la propuesta de delimitación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, mostrada en el capítulo anterior.

#### **3.1. Densidad poblacional**

La densidad poblacional es un indicador usado en la Demografía y en la Geografía de la Población, que refiere al número promedio de habitantes en un área ya sea urbana o rural en relación a una unidad de superficie. Es decir la densidad de población es la relación entre la población y la superficie en un momento determinado, para este caso los datos corresponden a la relación de habitantes entre kilómetros cuadrados.

Como se detalló en la delimitación, el Corredor Biológico se ubica en dos provincias, cinco cantones y veinticuatro distritos<sup>12</sup>, por lo que su composición territorial es muy variada. Según la zona estudiada, en aspectos demográficos sucede que el área al ser un mosaico con diferentes usos de la tierra posee valores relativamente diferentes de densidad poblacional en áreas muy cercanas (ver cuadro 10).

A partir de la densidad poblacional el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se dividió en tres sectores, esto para mostrar el mosaico de población y los cambios territoriales demográficos en áreas cercanas. El primer sector corresponde con las zonas menos pobladas ubicadas en San Rafael en Montes de Oca, Sánchez en Curridabat y San

---

<sup>12</sup> El Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se ubica sobre dos provincias: Cartago y San José, cinco cantones: Alajuelita, San José, Montes de Oca, Curridabat y La Unión, y en diecinueve distritos: Dulce Nombre, San Juan, Concepción, San Rafael, San Diego, San Ramón, Tres Ríos, Curridabat, Granadilla, Sánchez, Tirrases, San Pedro, Sabanilla, Mercedes, San Rafael, Carmen, Hospital, Catedral, Zapote, San Francisco de Dos Ríos, Mata Redonda, Hatillo, San Sebastián y San Felipe de Alajuelita.

Rafael, Dulce Nombre y San Ramón en La Unión, en estos distritos los valores son menores a 1300 hab/km<sup>2</sup> y son los que están más alejados de la ciudad de San José, es decir en los límites de la microcuenca; es importante rescatar que no son distritos rurales estos siguen manteniendo un porcentaje alto de zonas urbanas superior al 80 %, según el análisis de la cobertura urbana.

El segundo sector corresponde con las densidades entre los 1300 y los 4900 hab/km<sup>2</sup>. En este se ubica el área residencial de densidad media de la microcuenca, sobre la cuenca media y la cuenca alta del río María Aguilar, es decir los sectores restantes de La Unión, Montes de Oca y Curridabat; donde las condiciones locales permiten habitar la zona aunque su espacio este ocupado, según los datos de cobertura urbana, en casi 95 %. Estas densidades son relativas para posibilitar zonas residenciales únicamente, y son valorizadas como tales por la cercanía a los centros de servicios, las comodidades y las necesidades de los habitantes.

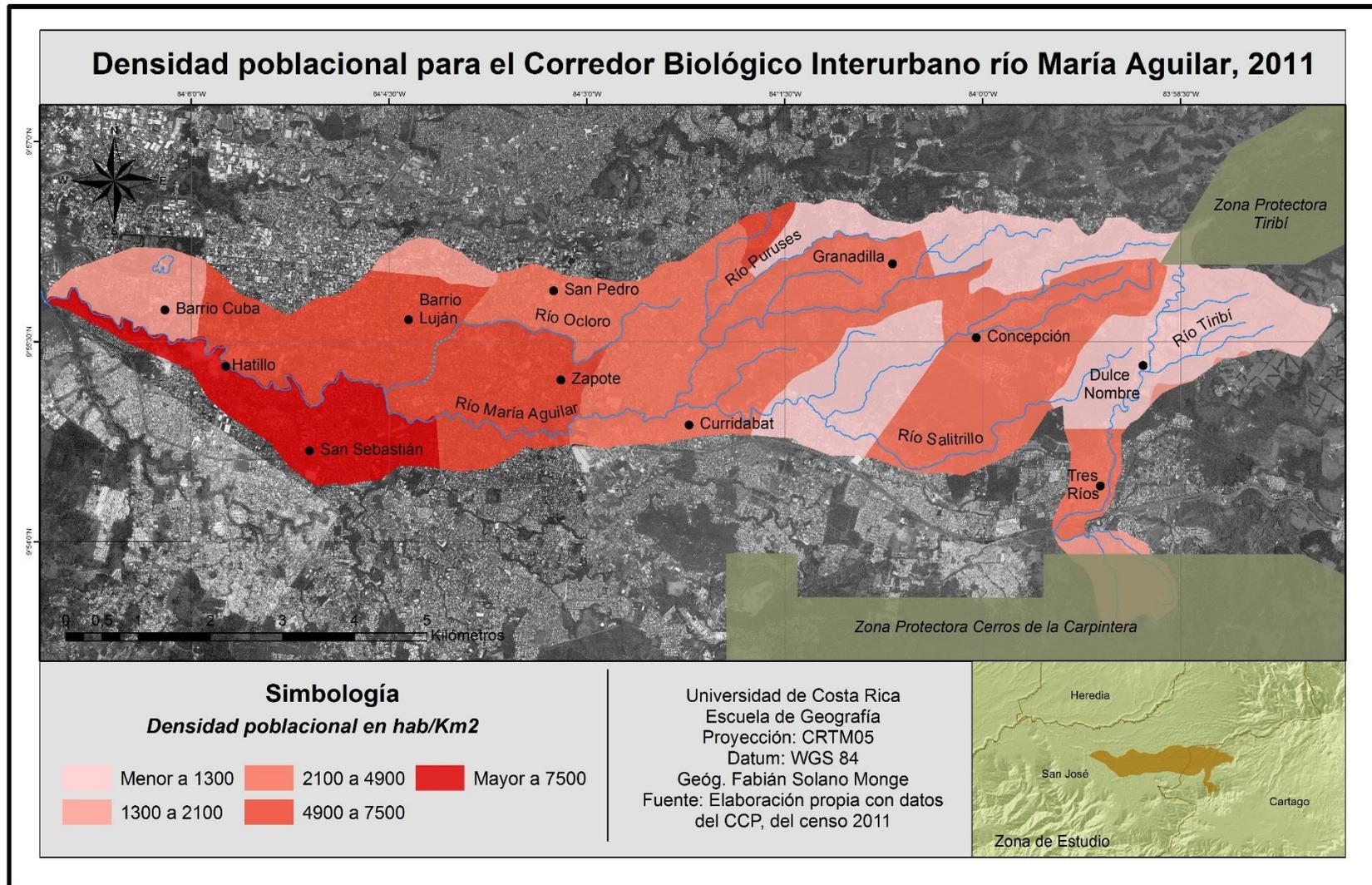
El último sector presenta la mayor densidad de población teniendo valores superiores a los 4900 hab/km<sup>2</sup>, en algunos casos supera hasta los 14000 hab/km<sup>2</sup>. Esta zona corresponde con la ciudad de San José, como un centro económico, comercial y de servicios y con los suburbios de la población ubicados al sur, específicamente en los distritos Hospital, San Sebastián y Hatillo, además contemplan los precarios ubicados en la microcuenca. Todas estas zonas están determinadas como el área residencial más aglomerada del país, con condiciones de inseguridad y de nivel educativo bajo, además de funcionar como ciudades dormitorio y no aptas para el desarrollo de la calidad de vida integra.

Para ejemplificar los datos de forma territorial y mostrar la sectorización mencionada se muestra el mapa 4, en cual la tonalidad más rojiza se interpreta como la zona de mayor densidad de población y la tonalidad menos rojiza o rosada corresponde con la menor densidad de población. Estos datos están basados en el último censo de población del 2011 elaborado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

**Cuadro 10: Densidad poblacional por cantón y distrito para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar**

<b>Cantón</b>	<b>Distrito</b>	<b>Densidad (hab/km<sup>2</sup>)</b>
San José	Carmen	1813,42
San José	Hospital	5702,07
San José	Catedral	5600,87
San José	Zapote	6554,04
San José	San Francisco de Dos Ríos	7540,67
San José	Mata Redonda	2142,12
San José	Hatillo	11799,06
San José	San Sebastián	10106,53
Alajuelita	San Felipe	6133,53
Montes de Oca	San Pedro	4948,76
Montes de Oca	Sabanilla	6019,55
Montes de Oca	San Rafael	1353,63
Curridabat	Curridabat	4446,45
Curridabat	Granadilla	4373,31
Curridabat	Tirrases	8596,2963
Curridabat	Sánchez	1125,66
La Unión	Tres Ríos	3891,21
La Unión	San Diego	2470,97
La Unión	San Juan	3963,97
La Unión	San Rafael	1611,65
La Unión	Concepción	4487,77
La Unión	Dulce Nombre	946,23
La Unión	San Ramón	972,18

Fuente: Datos del Censos 2011 en CCP, 2014



Mapa 4: Densidad Poblacional por Distrito del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia, datos del CCP del Censo 2011 y del ITCR 2008.

### **3.2. Aspectos hídricos**

El Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se ubica en la cuenca del río Grande de Tárcoles, propiamente en la microcuenca del río María Aguilar y en la microcuenca de un brazo del río Tiribí, estas microcuencas responden a la delimitación antes planteada respecto a la red hídrica constituida por los afluentes del río María Aguilar y el río Ocloro. Para este apartado se detallan los aspectos hídricos, específicamente las nacientes y pozos, la red hídrica y los acuíferos ubicados en esta área.

La importancia de desarrollar un apartado hídrico recae en que este recurso es vital tanto para la preservación de la vida humana como para la conservación de la flora y fauna. Los puntos con densidad poblacional media o alta, San Sebastián, Hatillo y San José, están altamente contaminados con diversas sustancias por lo que es necesario desarrollar y fortalecer los recursos naturales del área para la gestión y el manejo oportuno de los mismos.

Al mencionar los aspectos hídricos el principal atributo corresponde con la red hídrica del Corredor Biológico. Esta presenta tres sistemas: el río María Aguilar, el río Ocloro y un brazo del río Tiribí, este último cumple con la función de conectividad entre la Zona Protectora Tiribí y la Zona Protectora Cerros de la Carpintera. En detalle cada sistema posee singularidades descritas de forma breve y explicativa.

El río María Aguilar inicia en La Unión y posee tres nacientes que componen los afluentes principales, estos afluentes se unen en este cantón y recorren Curridabat, San José y Alajuelita, los ríos Salitrillo y Puruses y las Quebradas Granadilla, Mina y Poro forman parte de esta red hídrica. En total el cauce posee una longitud de 36,44 km a lo largo de toda el área y el cauce principal mide 19,01 km. La mayor parte del río se ubica en la cuenca alta con 13,63 km de extensión, en Curridabat 11,44 km, San José 11,36 km y desemboca en el río Tiribí en San Felipe, Alajuelita, con 0,01 km de extensión.

El río Ocloro se ubica principalmente en Montes de Oca nace en La Unión y en Curridabat, recorre San José y desemboca en el río María Aguilar siendo el afluente más importante. El cauce principal mide 4,85 km de extensión y el total de la red hídrica es de 21,49 km, de los cuales 3,39 km se presentan en La Unión, 9,84 km en Curridabat, 3,41 km en Montes de Oca y 4,85 km en San José, es importante mencionar que el río en un transecto entre San Pedro de Montes de Oca y San José se ubica entubado (bajo la ciudad), por lo que pone en riesgo a la población por hundimientos por el flujo constante del cauce.

Por último, el brazo del río Tiribí recorre el cantón La Unión desde el nacimiento cercano a la Zona Protectora Tiribí, funciona como cuerpo conector ribereño para el

Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar hasta los Cerros de la Carpintera. Mide aproximadamente 14,15 km de extensión desde la naciente hasta la zona de confluencia. La totalidad del río sigue su curso paralelo al río María Aguilar hacia el oeste, y continúa con el nombre río Tiribí.

La importancia hídrica refiere además a los acuíferos, en la microcuenca respectiva se ubican tres que forman parte del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar (ver mapa 5), estos son nombrados: El Zapote, Gran Área Metropolitana y Escazú, todos están delimitados por la barrera del río Virilla donde convergen los acuíferos. Por otro lado, en los sectores de Curridabat, San Sebastián, los Hatillos y Sabana se encuentra el acuífero Gran Área Metropolitana, siendo el más superficial cuyo el nivel freático es menor a 11 m por lo que su condición de vulnerabilidad es alta (Escalante & Pizarro, 2009).

Al estar el área en una zona altamente urbanizada no poseen zonas de recarga acuífera de gran tamaño, por lo tanto la importancia de estos acuíferos es muy alta, ya que cumplen la función de suministrar agua potable a la población, aproximadamente 350000 habitantes, ligado a la cantidad de pozos y de aprovechamiento del líquido usado por Acueductos y Alcantarillados y en menor medida por la población y otras instituciones para este fin.



Imagen 11: Naciente del río María Aguilar ubicada en los terrenos del Acueductos y Alcantarillados en Concepción, La Unión<sup>13</sup>. Fuente: Elaboración propia, 2014

En el área de estudio se ubican 319 pozos, de los cuales cerca de un 80 % están activos y son usados para el aprovechamiento local, que suministran líquido para las actividades

---

<sup>13</sup> Naciente del río María Aguilar en los terrenos de Acueductos y Alcantarillados en la zona de Concepción, pequeña naciente contaminada por las urbanizaciones cercanas.

comerciales, de servicios y para las instituciones interesadas en la recuperación de los sistemas lóticos.

Por último el río María Aguilar posee tres nacientes (ver imágenes 11 y 12), todas ubicadas en el distrito Concepción. La naciente principal se encuentra cercana a la divisoria de aguas en el Hospital Psiquiátrico Chacón Paul, donde se cumple, según las mediciones en campo, con las zonas de protección de nacientes establecidas en la Ley Forestal. Las restantes dos se ubican en una zona cercana, ubicada en el mismo distrito, en un terreno propiedad de Acueductos y Alcantarillados, cercano a los 400 m<sup>2</sup>, donde no se cumple con la legislación del radio de protección de 100 metros.

Estas nacientes están contaminadas, según visitas a campo se determinó que la contaminación sucede por infiltración en el suelo de aguas negras y pluviales de urbanizaciones y zonas residenciales cercanas, es decir el río desde un inicio se encuentra deteriorado. Además se da una sobreexplotación de los pozos, al existir el traslado de agua para abastecimiento desde otras provincias, y como fue mencionado en el análisis de sitio, la red hídrica mantiene su cauce por los vertidos en zonas residenciales no por la escorrentía en la época lluviosa.



Imagen 12: Naciente del río María Aguilar ubicada en el Hospital Psiquiátrico Chacón Paut en Concepción, La Unión<sup>14</sup>. Fuente: Elaboración propia, 2014

En el mapa 5, se detallan estos aspectos hídricos bajo zonas de protección según la legislación nacional, en diferentes tonalidades azules y amarillas se encuentran las zonas de protección de nacientes de 100 m<sup>2</sup>, las zonas de protección de la red hídrica por pendientes

---

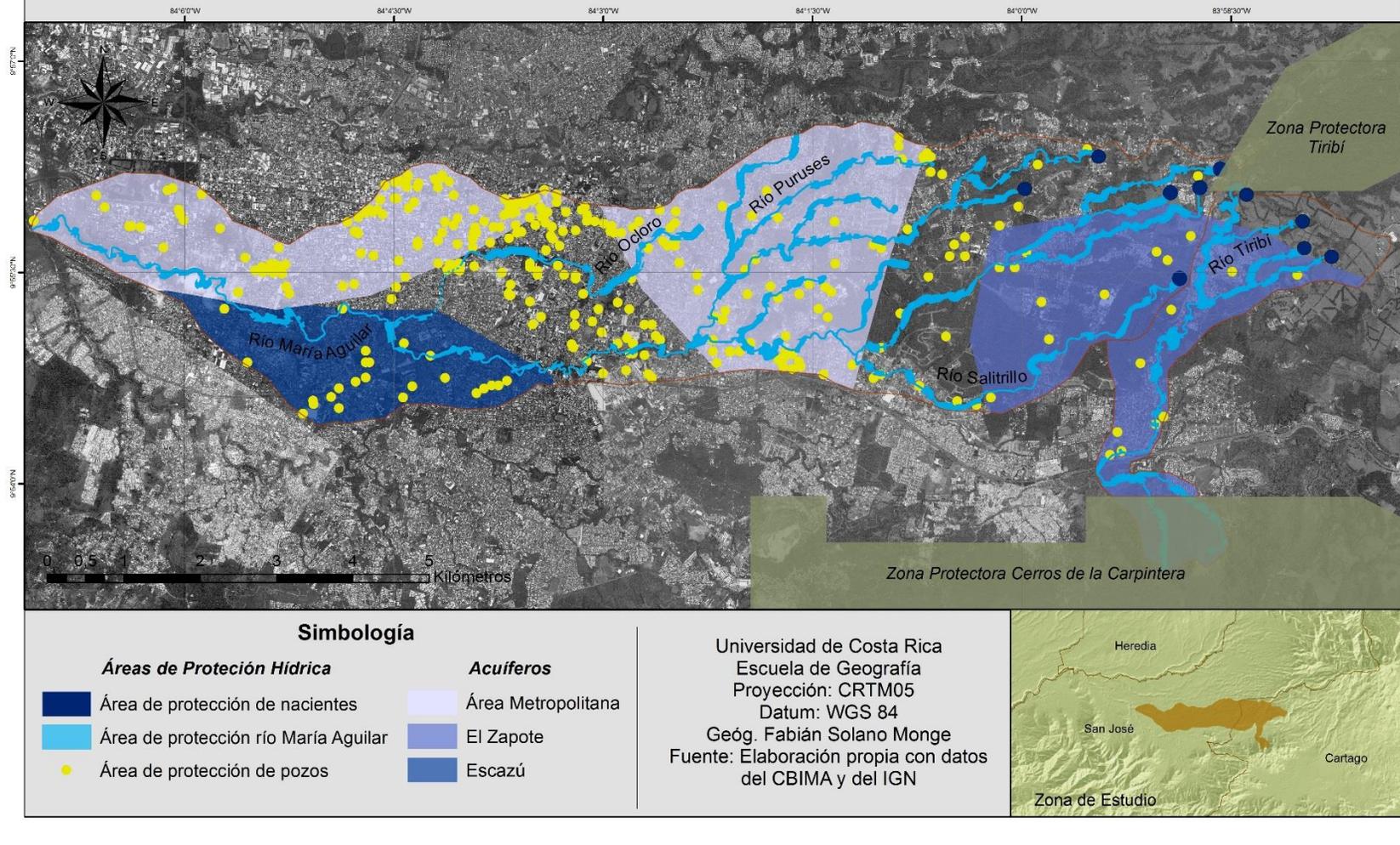
<sup>14</sup> Zona de protección de la naciente principal del río María Aguilar en el Hospital Psiquiátrico Chacón Paut

ya sea 10m en baja pendiente o 50m en alta pendiente, los acuíferos que ocupan el área delimitados dentro de la microcuenca y los 319 pozos con el área de resguardo respectiva.

El indicador hídrico evidencia la situación actual en la microcuenca; para poder controlar las zonas de protección especial el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos creó en el Plan GAM de 2013. Este contiene una serie de políticas y recomendaciones a seguir, entre las que destacan el desarrollar sistemas de alcantarillado sanitario conectados a plantas de tratamiento de aguas, como por ejemplo: el Plan de Mejoramiento Ambiental de la GAM. Además se recomienda evitar el uso de tanques sépticos sobre aquellos terrenos que presenten vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos y que las aguas pluviales deben recibir tratamiento previo al vertido en los cuerpos superficiales para eliminar los desechos que han adquirido en su paso por las ciudades.

Bajo un enfoque más sostenible, se desarrolla la promoción de más áreas verdes o mejores sistemas de infiltración de aguas pluviales hacia el suelo, a fin de proveer una mayor recarga acuífera y la recuperación de las áreas de protección ribereñas, dotándolas de cobertura vegetal y a su vez que permitan establecer corredores biológicos lineales. Estas acciones se deben dar en conjunto, mediante un trabajo interinstitucional para la protección del recurso hídrico (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos , 2013).

## Características hídricas del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, 2014



Mapa 5: Aspectos hídricos: ríos, pozos, nacientes y acuíferos del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia, datos del ITCR 2008.

### **3.3. Uso de la tierra**

El uso de la tierra corresponde con el uso que se posea del espacio en un momento dado, este puede variar desde actividades primarias, secundarias o del sector terciario, entre otras. Según la construcción que se elaboró, detallada en la metodología, se realizaron siete categorías para clasificar el uso de la tierra en el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar y mostrar cómo se encuentra desarrollada la microcuenca y qué actividades se realizan en la misma.

Las siete categorías corresponden con el bosque secundario y bosque secundario fragmentado, cultivos anuales, perennes y fincas de café, densidades altas, moderadas y bajas de uso urbano, zona industrial, pastos, uso mixto y áreas verdes urbanas, detalladas a continuación.

#### **Bosque secundario y bosque secundario fragmentado**

El bosque secundario se define como la tierra con vegetación leñosa de carácter sucesional secundaria que se desarrolló una vez que la vegetación original fue eliminada por actividades humanas y fenómenos naturales (Decreto N° 27998-MINAE, 1999). En el área del Corredor Biológico se presenta un total de 203,54 km<sup>2</sup> es decir cerca de un 12,66 %, en su mayoría ubicada en los distritos San Ramón y Concepción, en la cuenca alta del río María Aguilar y en las áreas cercanas a las Zonas Protectoras Tiribí y Cerros de la Carpintera.

El bosque secundario fragmentado posee la misma definición del bosque secundario, pero tiene un alto grado de naturalidad que nunca ha sido explotado (Decreto N° 27998-MINAE, 1999). Se asocia con las áreas cercanas a los ríos, para el caso del Corredor Biológico en 2014 poseía un área de 130,49 km<sup>2</sup> alrededor de un 8,12 %, ubicado a lo largo de todo el río María Aguilar y de sus afluentes, presentando mayor densidad las zonas cercanas al río Ocloro.

#### **Cultivos anuales y permanentes**

La dinámica agrícola es muy reducida en la microcuenca del río María Aguilar, se presenta en pequeñas extensiones y aislada. El sector norte de la cuenca, cuenta con cultivos de café y unos pocos de agricultura urbana (ver imagen 11), actualmente se da un cambio en uso de la tierra de cultivos hacia zonas residenciales y comerciales como ocurre con Concepción y Dulce Nombre, en La Unión.

En la categoría de cultivos anuales y permanentes se agregaron las fincas de café y los invernaderos. En detalle los cultivos anuales, principalmente de café, se presentan en un

área reducida de Curridabat, corresponde con 193,75 km<sup>2</sup>, 12,05 % del total, mientras los cultivos permanentes poseen 18,42 km<sup>2</sup>, 1,14 % del total, ubicados en Granadilla y San Juan, correspondiente con cultivos de café. En el caso de las fincas de café poseen 193,70 km<sup>2</sup>, aproximadamente un 12,05 %, se ubica sobre una gran extensión por todo el cantón La Unión el cual posee la característica de ser exportador de este producto. Por último, los invernaderos representan 24,29 km<sup>2</sup>, cerca de un 1,51 %, correspondientes con sectores de Granadilla, Concepción y Dulce Nombre.

### **Densidad alta, moderada y baja urbana**

El uso urbano se dividió por densidades, la densidad alta corresponde con todo el uso residencial del área cuenta con 145,88 km<sup>2</sup>, la densidad moderada se conoce como el sector de servicios y comercial y corresponde con 72,16 km<sup>2</sup>, por último, la densidad baja es el sector institucional y educativo con 44,91 km<sup>2</sup> en total. Este uso de la tierra es que predomina en el área del Corredor Biológico representando el mayor porcentaje en cobertura con alrededor de un 16,36 % de total del área.



Imagen 11: Agricultura urbana ubicada en el distrito Mata Redonda, San José<sup>15</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

### **Industria**

La zona industrial en el área de la microcuenca del río María Aguilar es muy reducida, cuenta, para 2014, con 27,75 km<sup>2</sup>, alrededor de un 1 % del área total. Corresponde con sectores atrapados en la zona comercial y de servicios, se ubican a lo largo de las zonas más urbanas en los distritos Hospital, Hatillo, San Sebastián, San Pedro, Curridabat, Sánchez, San

---

<sup>15</sup> La agricultura urbana es nuevo método para el aprovechamiento de áreas vacías, sirven como medios para la autosuficiencia alimentaria en ciudades, en la fotografía se muestra un ejemplo de aprovechamiento del espacio en Mata Redonda, San José.

Rafael y Concepción, estas son industrias antiguas que se ven inmersas en usos residenciales por procesos históricos de conurbación.

### **Pastos y tacotales**

Para la categoría de pastos se incluyeron los pastos con árboles dispersos definidos como tacotales, estas zonas estuvieron en descanso por más de cuatro años y crecen plantas silvestres o introducidas por el hombre (CATIE, 2005). Estos pastos se ubican dentro de la trama verde porque poseen la función de conectividad e interconexión en el Corredor Biológico desde el área de protección hasta las zonas protectoras, corresponde con la cobertura vegetal de mayor tamaño en área con 355,24 km<sup>2</sup>, se ubica en tres cantones principalmente: La Unión, Montes de Oca y Curridabat.

Por otro lado, los charrales son sistemas de tacotales de vegetación reducida y mezclada (CATIE, 2005). Poseen un área a lo interno del corredor biológico de 8,8 km<sup>2</sup> y se ubican en su mayoría sobre los distritos San Ramón y Concepción. Por último, se contemplan las plantaciones de coníferas que son un grupo botánico de plantas superiores que engloba a los árboles y arbustos vivos más antiguos de nuestro planeta (CATIE, 2005); en el área del Corredor Biológico hay aproximadamente 31,97 km<sup>2</sup> de plantaciones de este tipo, principalmente en áreas cercanas a calles, en su mayoría en el cantón Concepción, en La Unión.

En total los pastos se presenta en un 24,65 % del área total de la microcuenca, estos evolucionarán hacia bosques secundarios o hacia nuevas urbanizaciones y zonas agrícolas para el café, dado por el cambio histórico en el uso de la tierra y por las condiciones imperantes locales.

### **Uso mixto**

El uso mixto corresponde con las grandes porciones de áreas verdes compartidas con cultivos anuales, permanentes y pastos, en este caso de cultivos rotativos de manera recíproca. Para el estudio de caso, el área es reducida, posee un total del 8,34 % es decir 134,10 km<sup>2</sup>, ubicados en su mayoría al sur de la microcuenca del río María Aguilar, propiamente en el distrito San Juan en La Unión donde se presenta con más frecuencia este tipo de uso de la tierra.

### **Áreas verdes urbanas**

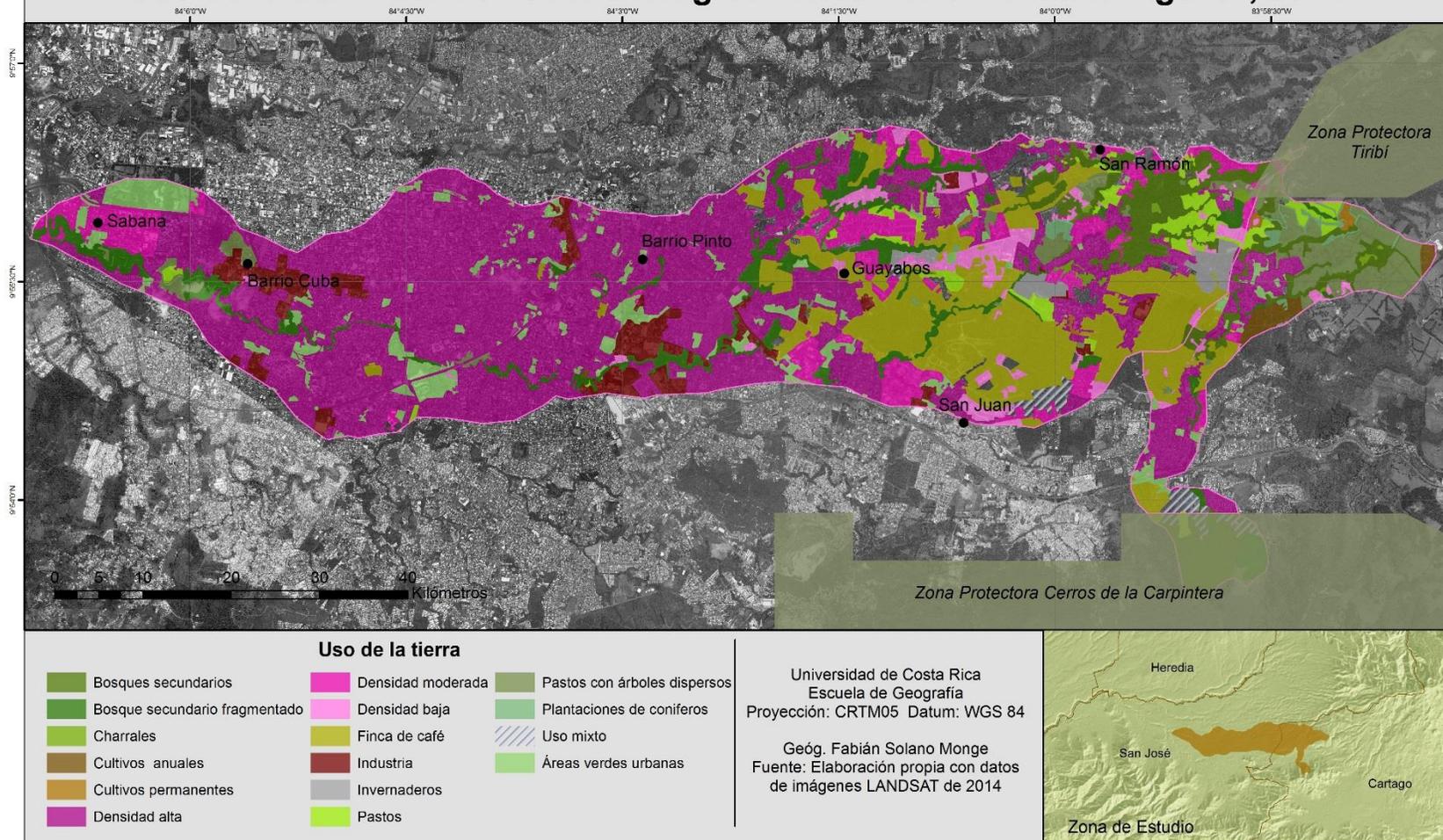
Las zonas verdes urbanas corresponden con los parques y las pequeñas áreas verdes ubicadas en las zonas más urbanizadas. En total representa un área de 21,60 km<sup>2</sup> cerca del 1,34 % del total, ubicado a lo largo del área del Corredor Biológico, sin un patrón definido

pero sobresalen el parque La Sabana, el parque Metropolitano del Sur, el parque de La Paz, el parque 25 de Julio, parque de las Nacionalidades y los árboles dispersos por toda la zona con mayor importancia en Curridabat y Montes de Oca.

En el mapa 6 se ilustra el uso de la tierra, para el Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar; representa un acercamiento para el análisis de las condiciones locales. El área, al estar muy urbanizada y con cambios de uso constantemente, posibilita el diseño de estrategias y programas para fortalecer las condiciones locales hacia el enfoque sostenible de la zona.

Según el uso de la tierra se valida que aproximadamente el 90 % del área de la microcuenca se encuentra urbanizada por diferentes formas. La cantidad de bosque secundario y de pastos para la conectividad entre paisajes y especies es reducida, lo que representa un alto grado de vulnerabilidad para la conexión deseada, además la cultura de crecimiento horizontal y de cambio del uso de la tierra provoca de forma histórica el fenómeno actual, una ciudad aglomerada, con pocas posibilidades de crecimiento y con cambios abruptos en el uso de la tierra.

## Uso de la tierra del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, 2014



Mapa 6: Uso de la tierra del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia, datos de imágenes LANDSAT, 2014 y CNFL, 2014

### **3.4. Divergencia del uso de la tierra**

La divergencia del uso de la tierra es el resultado de transponer el uso de la tierra con la capacidad de uso del mismo, según la matriz del cuadro 2, corresponde con: tierras bien utilizadas, tierras utilizadas dentro de su capacidad de uso, tierras subutilizadas, tierras sobreutilizadas y tierras gravemente sobreutilizadas. Este criterio se da en función del uso apropiado agrícola; al aplicarlo sobre toda el área el cruce de la información dio los resultados para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, que produjo los tres primeros atributos de tipos de divergencia en el uso de la tierra.

#### **Tierras subutilizadas**

Las tierras en subuso o subutilización se dan cuando el uso actual es menos intenso que su capacidad de uso, corresponde con los pastos y bosques que se ubican en la categoría de manejo II y III, es decir que estas tierras puedan reforestarse e impulsarse hacia usos de conservación. En el área de estudio corresponde con los parches de bosque resultantes en Concepción y con el área de protección de la red hídrica (ver imagen 12).

Como se ha concebido la zona como urbana este tipo de sistemas de protección quedan como subutilizados; sin embargo, para que un área para la movilidad de especies y conexión de paisajes funcione en términos paisajísticos se debe dar esta relación de tierras subutilizadas y que estas se destinen para la conservación ambiental.

#### **Tierras bien utilizadas**

Las tierras bien utilizadas corresponden con los sectores de cultivos y urbano en capacidad de uso II y pastos y bosques en capacidad de uso V y VI, esta categoría hace referencia a que la utilización del suelo está bien empleado por las condiciones locales. Para el estudio de caso representa la mayor cobertura del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar en toda el área urbana, residencial y comercial.

#### **Tierras utilizadas dentro de su capacidad de uso**

La utilización de la tierra dentro de su capacidad de uso ocurre cuando el uso actual de la tierra es también compatible con su capacidad de uso; pero, en algunas ocasiones las tierras requieren obras complementarias de conservación de suelos y de recursos naturales. Estas corresponden con las zonas de cultivos en las categorías de manejo III y IV; ubicadas en el sector suroeste de la microcuenca donde el uso es hacia el sector agrario.

En el mapa 7 se ilustra el cruce de la información con la referencia espacial, la divergencia en el uso de la tierra en tonos amarillos corresponde con las tierras subutilizadas, y en verdes las tierras bien utilizadas y usadas dentro de su capacidad de uso.



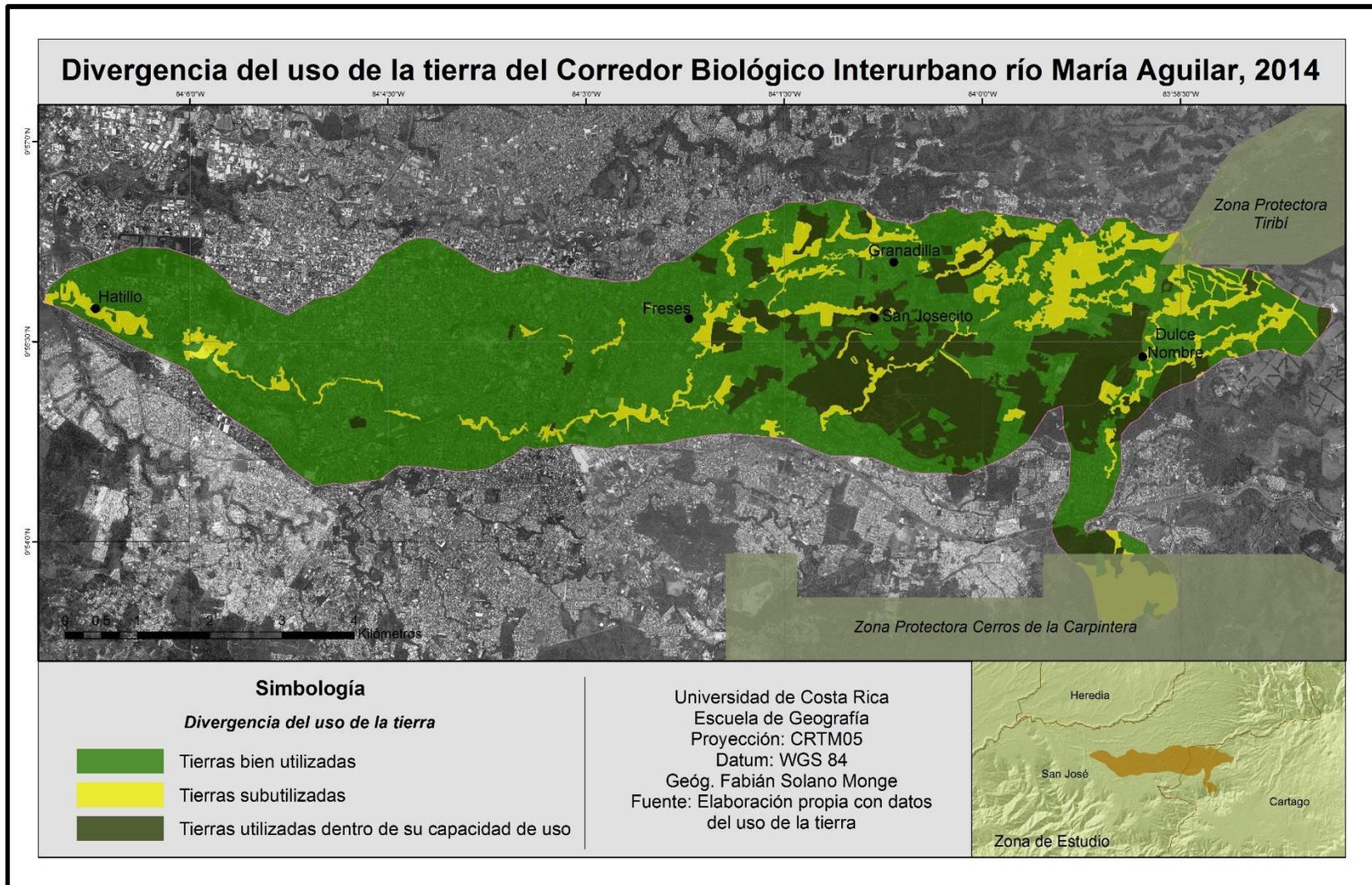
Imagen 12: Tierras subutilizadas en el sector Zapote - San Francisco de Dos Ríos, San José<sup>16</sup>.

Fuente: CBIMA, 2014

Sobresale que el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, al estar ubicado en la principal área urbana del país, el uso de la tierra y la dinámica de la zona en cuanto al aprovechamiento de los recursos resulta de manera satisfactoria al no tener una divergencia del uso grave que deba ser corregida; como lo es la ocupación en zonas de alta pendiente o la destrucción de sistemas forestales para dar paso a sistemas agrícolas. Se especifica, la preocupación al utilizar este índice ya que se clasifican las zonas verdes como subutilizadas por la continuidad espacial urbana, por lo tanto existe la contradicción entre el enfoque verde y sostenible de mejora de ambientes de verdes y la continua construcción y cambio del uso de la tierra hacia densidades altas y moderadas.

---

<sup>16</sup> La fotografía muestra un sector en Zapote que se considera como tierra subutilizada puesto que su capacidad de uso es para bosque secundario y el uso actual corresponde con pastos con árboles dispersos, por lo que la tierra puede ser recuperada para la ampliación de la cobertura vegetal.



Mapa 7: Divergencia en el uso de la tierra del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia basado en el uso de la tierra y ITCR, 2008.

### 3.5. Índice de Fragilidad Ambiental

El Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) tiene como propósito evaluar el balance total de carga ambiental sobre un terreno. Su determinación tiene como finalidad promover la premisa ambiental del desarrollo sostenible mediante la propuesta de una zonificación de uso del suelo restrictiva, establecida por medio de la identificación de las limitantes y potencialidades técnicas del terreno (Campos & Astorga, 2009).

El Índice de Fragilidad Ambiental toma en cuenta los medios del ambiente: físico, biológico y social, este último en menor medida, e identifica las limitantes y potencialidades técnicas de cada uno de esos medios y los intenta relacionar. Este tipo de metodología permite definir la capacidad de carga que tiene un terreno la cual es llamada fragilidad ambiental (Campos & Astorga, 2009).

Para la implementación metódica este índice incorpora cuatro ejes temáticos o aptitudes: antropoaptitud, bioaptitud, edafoaptitud y geoaptitud.

La antropoaptitud, se obtiene del análisis de la condición que presenta un espacio geográfico en razón de los diferentes tipos de uso de la tierra, se evalúa en función de sus posibles efectos negativos para el ambiente (Campos & Astorga, 2009). No solo considera el uso de la tierra sino además los sitios patrimoniales de valor histórico, artístico, arqueológico, cultural y científico. En el caso del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, resaltan valores entre muy alta y moderada fragilidad ambiental en toda la zona; es decir, que el uso actual de la tierra urbano está impactando de forma negativa en función de la infraestructura al suelo, por lo que la recuperación debe darse de forma eficaz, contemplando el impacto real actual.

En cuanto a la bioaptitud, surge del estudio de la condición natural que tiene un espacio geográfico (Campos & Astorga, 2009), se enfoca en la biología, la naturaleza y la cobertura vegetal y considera variables como la zonación<sup>17</sup> y la conectividad biológica de los ecosistemas. En función del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, esta aptitud resulta entre la moderada y la alta fragilidad ambiental, estos valores se ubican cercanos a las zonas protegidas y en las zonas verdes; esta aptitud oscila desde muy baja en el cantón San José, hasta moderada en La Unión.

La edafoaptitud refleja la capacidad de un terreno para sostener los diferentes tipos de actividad agropecuaria, ganadera y agrícola, en función de las características de la

---

<sup>17</sup> *En biogeografía, distribución de animales y vegetales en zonas o fajas según factores climáticos, como la altura, profundidad o la humedad.*

información del suelo, la topografía y las características climáticas (Campos & Astorga, 2009). Para el estudio de caso corresponde con valores de baja capacidad agropecuaria, definido por la ausencia de espacios para establecer esta actividad por el alto grado de urbanismo, tanto en función de la topografía y de las características climáticas.

La geoaptitud analiza las características de la superficie, del suelo y del subsuelo (Campos & Astorga, 2009). Para el área del Corredor Biológico corresponde con valores entre muy altos y altos, en las zonas más cercanas a los ríos es en donde se dan la muy alta fragilidad ambiental y en los metros próximos de los cauces corresponde con la alta fragilidad.

Al sobreponer todas las aptitudes para cada IFA específico se genera una categorización, a partir de esta se construye el índice. Para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se establecen tres categorías: muy alta fragilidad ambiental, alta fragilidad ambiental y moderada fragilidad ambiental, avaladas por la SETENA en el año 2014 (ver mapa 8).

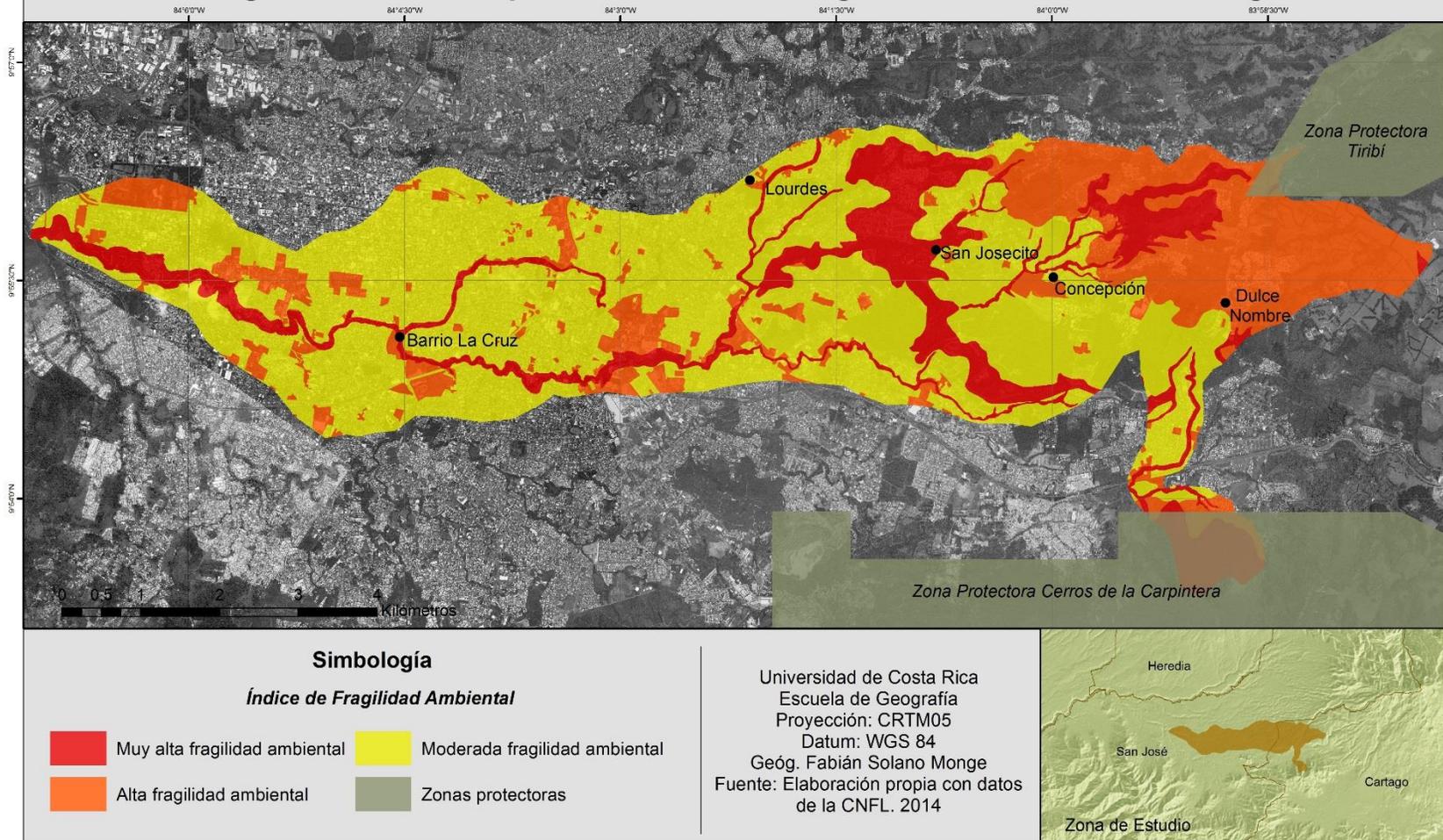
Muy alta fragilidad ambiental: se ubica en las zonas próximas a los cauces de los ríos y en las zonas donde el uso de la tierra predominante son los parches de bosque, estos terrenos no son aptos para el uso humano y deben ser usados para conservación de la naturaleza, y en algunos casos son zonas de protección de ríos. Además, presentan limitantes para el uso humano como la pendiente y las capacidades de uso, en estas zonas no se debe dar particularmente la ocupación humana.

Alta fragilidad ambiental: se ubica en los sitios cercanos a las áreas protectoras y en las zonas verdes de las microcuencas, este aspecto refiere a las limitaciones serias para el uso humano para que sean sitios únicamente de visitación y en algunos casos de conservación de la naturaleza.

Moderada fragilidad ambiental: se ubica en el resto de las microcuencas, al poseer usos de la tierra constantes las limitaciones son moderadas, son terrenos con un potencial intermedio para el uso humano y que deben ser usados bajo medidas sanitarias efectivas y sostenibles.

A manera de síntesis el Índice de Fragilidad Ambiental resulta muy variable para el caso del Corredor Biológico. Se observan tres tónicas en zonas urbanas; la primera en las zonas de protección de ríos donde la fragilidad ambiental es muy alta y posee muchas limitaciones pese a la actual ocupación de la población; se torna alta conforme se acerca a las áreas protegidas esto para minimizar el efecto de borde de las áreas silvestre; y, es moderada en las áreas restantes, es decir toda la zona urbana de las microcuencas.

## Índice de Fragilidad Ambiental para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, 2014



Mapa 8: Índice de Fragilidad Ambiental para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia basado en CNFL, 2015.

### 3.6. Índice de Estabilidad Ecodinámica

El índice de Estabilidad Ecodinámica estudia la estabilidad entre paisajes, es decir si un paisaje o uso de la tierra afectó, afecta o podría afectar en el futuro el uso de la tierra cercano. En las microcuencas estudiadas se han realizado acciones históricas que modifican el medio, acorde a los momentos respectivos y a las diferentes actividades desarrolladas, esto provoca un efecto positivo o negativo sobre los recursos naturales. Según Ureña y Méndez (2007) desde el punto de vista de la Geografía este efecto se ha denominado como estabilidad ecodinámica del paisaje.

Los paisajes ecodinámicos son definidos como paisajes cambiantes en el espacio y el tiempo e involucran múltiples variables tanto biofísicas como antrópicas y que se interrelacionan para definir el grado de estabilidad o inestabilidad de este sistema (Ureña & Méndez, 2007). Estos paisajes se deben entender como el efecto del grado de intervención de sus habitantes en el medio dado por el desarrollo de las actividades de uso de la tierra y bajo la relación directa con los usos cercanos.

El cuadro 3 presenta la matriz por usos de la tierra para este índice, el mapa de paisajes ecodinámicos es el resultado de la integración de las unidades de uso actual junto con las unidades cercanas de uso de la tierra. Esto permite definir unidades ecodinámicas, que se caracterizan por el grado de estabilidad que presentan, definiéndose tres tipos diferentes de espacios: los paisajes estables, los penestables y los inestables. Con el propósito de conocer el grado de estabilidad ecodinámica en el área de estudio, se propone la comparación entre los usos de la tierra representado en el mapa 9.

Los paisajes estables son espacios geográficos cuya explotación actual está en concordancia según el uso de la tierra cercano, por lo que la modificación sobre el ecosistema es nula o muy ligera además que genera una condición continua en el paisaje. Para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se presenta sobre la zona central de San José, los paisajes estables específicamente son los que poseen la relación directa con un mismo uso o uno similar, por ejemplo industria con densidad alta o pastos con bosques secundarios.

Los paisajes penestables son aquellos que evidencian un grado de afectación entre el uso la tierra y el uso cercano, estos pueden originar una inestabilidad ecodinámica de ligera a moderada sobre el ecosistema y sobre el paisaje. Según el estudio de caso, se ubica sobre las áreas verdes urbanas y en la mayor parte de los cantones San José y Curridabat, este corresponde con las relaciones de los cultivos y la actividad agrícola con el resto de los usos, así como con densidades urbanas altas y los pastos con charrales.

Los paisajes inestables se obtienen cuando su condición ecodinámica es divergente, es decir que un uso de la tierra afecta al otro directamente por lo que su capacidad de soporte queda condicionada y pone en peligro la estabilidad del ecosistema. En el área de estudio las áreas donde se presenta esta situación corresponde con todo el cauce y se da cuando las condiciones urbanas amenazan los parches de bosque y el cauce, además se presenta en zonas de ocupación territorial ilegal en los márgenes de los ríos y en el distrito Concepción por el cambio de uso de parches bosque a urbanizaciones (ver imagen 13).

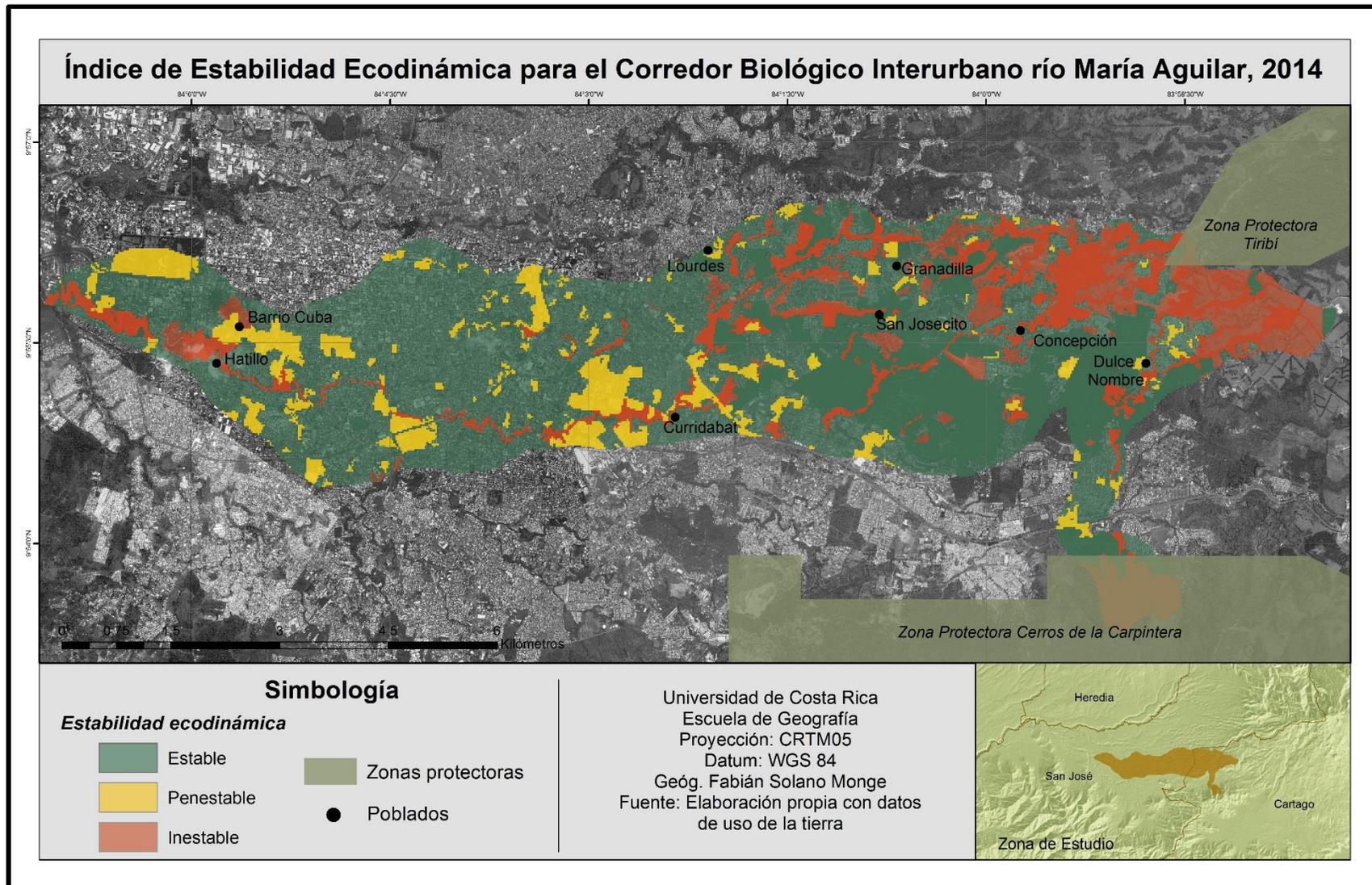


Imagen 13: Zonas inestables en Zapote según el índice de Estabilidad Ecodinámica<sup>18</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

En el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se presenta una estabilidad real ecodinámica del paisaje, le da esa cualidad al tener un comportamiento continuo espacialmente. Sin embargo, si existen las zonas inestables que amenazan principalmente a los parches de bosque remanentes, las zonas penestables por el cambio continuo en algunos usos de la tierra y las zonas estables como la gran mancha urbana central.

---

<sup>18</sup> Se muestra la deforestación sufrida en un sector de Zapote, lo que pone en riesgo el bosque secundario fragmentado contiguo a la zona modificada, se le da la categoría de inestable porque el pasto y la deforestación amenazan el uso de la tierra cercano.



Mapa 9: Índice de Estabilidad Ecodinámica para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia basado en uso de la tierra, 2015

### 3.7. Zonificación de riesgo

Según la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo 8488 de 2006, se define riesgo como la probabilidad de que se presenten pérdidas, daños o consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular durante un período definido. Se define vulnerabilidad, como la condición intrínseca de ser impactado por un suceso a causa de un conjunto de condiciones y procesos físicos, sociales, económicos y ambientales. A partir de estos conceptos para el caso del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se delimitaron cuatro posibles riesgos esenciales: deslizamientos, inundaciones, sísmico y erupciones.

El riesgo a deslizamientos se interpreta como la probabilidad de que se presenten pérdidas por movimientos de remoción en masa. Para el estudio de caso el riesgo por deslizamientos es alto en los márgenes de los cauces y en todas las zonas con alta pendiente; en general, espacialmente el riesgo es muy inestable desde bajo hasta muy alto, por la variación altitudinal presentada en toda la microcuenca (ver imagen 14).

El riesgo a inundaciones en el área de estudio es bajo, en algunas partes de los cauces pueden existir inundaciones por las condiciones locales de pendientes y de tipo de suelo, en estos márgenes es donde se presenta la mayor probabilidad de que ocurran pérdidas, el resto del área al ser urbana y poseer mejores condiciones de alcantarillados presentan riesgo muy reducido (ver imagen 14).

El riesgo volcánico o riesgo a erupciones es alto para toda el área del Corredor Biológico, esto por la ubicación dentro de la Cordillera Volcánica Central y su cercanía al Volcán Irazú y al Volcán Barva, ya que se ubica en el área de impacto de este volcán. Ante cualquier evento de gran magnitud ambas microcuencas del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se verían afectadas.

El riesgo sísmico y geológico está determinado por el material parental y por la cantidad de fallas. Al ser un área con fallamiento local y con materiales inestables alberga valores intermedios y valores altos de riesgo en esta categoría, estos últimos correspondientes con las fallas locales; las condiciones locales minimizan este riesgo por la capacidad de respuesta y el tipo de infraestructura de construcción que se presenta en las altas densidades.

La zonificación de riesgo corresponde con la ponderación de los riesgos antes presentados (a deslizamientos, sismos, erupciones e inundaciones). En el mapa 10 se muestra el riesgo integrado, donde se rescata que en la mayor parte del área del Corredor

Biológico el riesgo es moderado, siendo el más importante el riesgo a deslizamientos e inundaciones en la zona.

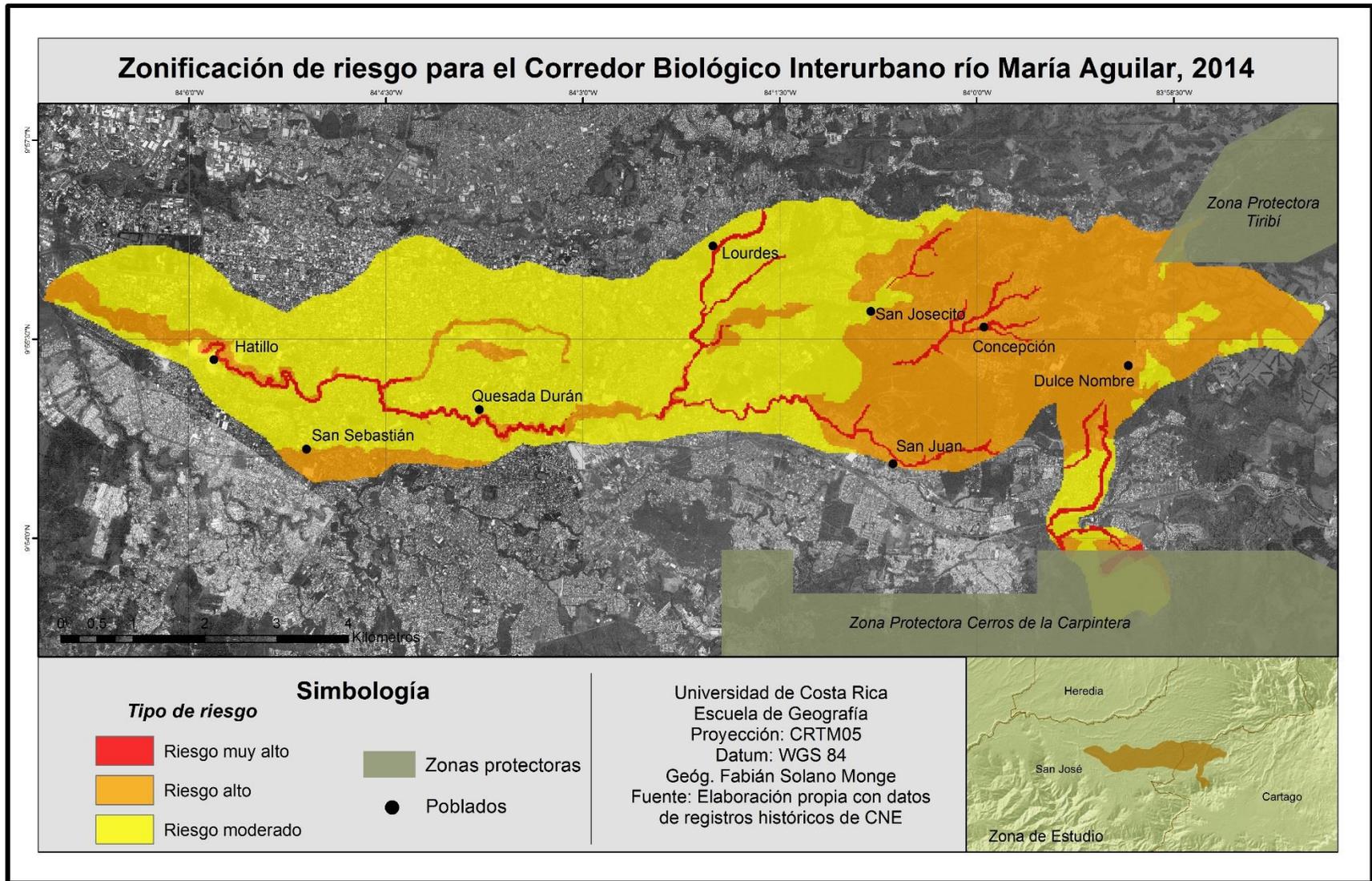
En la zona urbana por la baja pendiente y la continuidad territorial el riesgo es moderado, el riesgo es alto en las zonas entre San Juan, Concepción y Dulce Nombre por las condiciones locales ante los deslizamientos y sismos, en las zonas cercanas a los cauces el riesgo es muy alto ya que se pueden dar inundaciones focalizadas como en Lourdes y en Quesada Durán.



Imagen 14: Zonas de riesgo muy alto en Tirrases, según la zonificación de riesgo<sup>19</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

---

<sup>19</sup> Se ejemplifica una zona de alto riesgo, con posibles caídas de árboles y con posibles movimientos de remoción en masa del lado derecho por el cuerpo fluvial y del lado izquierda por la posibilidad de inundación dada la ausencia de cobertura vegetal que minimice el impacto.



Mapa 10: Zonificación de riesgo para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia basado en datos de CNE, 2014

Con los insumos cartográficos y bibliográficos sobre los indicadores de este capítulo, y la explicación de las situaciones prevaletentes para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se poseen los instrumentos para la actualización de los datos al 2014 y para desarrollar la propuesta de zonificación ambiental.

Durante los primeros capítulos se muestra en perspectiva las condiciones locales y el por qué es importante realizar un manejo del área de forma integrada. La caracterización biofísica y socioeconómica específica del Corredor Biológico Interurbano del Río María Aguilar basada información actual y viable y caracterizada con problemáticas y aspectos para el manejo y la gestión posibilita el desarrollo del nivel de intervención por áreas específicas.

## **4. Capítulo IV: Propuesta de zonificación ambiental para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar**

Según los indicadores desarrollados en el capítulo anterior se creó la propuesta de zonificación ambiental basada en los criterios de ordenamiento territorial y en la aplicación del método de Saaty de jerarquías analíticas. En este capítulo se aborda el principal insumo para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar y se exponen los criterios y pesos usados así como la categorización de cada atributo para la zonificación ambiental.

### **4.1. Criterios de ordenamiento territorial en la zonificación ambiental**

Se seleccionaron cuatro criterios para evaluar y validar la zonificación ambiental del Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar, según la Política Nacional de Ordenamiento Territorial del 2012-2040 y según el Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, estos criterios son: la calidad del hábitat, la protección y manejo ambiental, la competitividad territorial y la planificación y desarrollo urbano. Se espera sean usados como contexto, fundamento teórico, y como insumo para la creación de planes, proyectos y políticas del área según la zonificación propuesta.

#### **4.1.1. Calidad del hábitat**

La calidad del hábitat, refiere en un primer aspecto a la planificación de asentamientos humanos, vivienda, infraestructura y redes. Como el estudio de caso es el Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar y al ubicarse sobre una gran zona residencial urbana este aspecto debe ser tomado en cuenta para la ordenación del territorio en la zonificación ambiental, cumpliendo con las intervenciones muy alta y alta, por ejemplo con la eliminación de precarios. Además contempla la participación ciudadana y el tema del paisaje, áreas verdes y espacio público, el primero motivando a la población a ser partícipe de las actividades y en segunda instancia a mejorar y crear una gestión sobre los espacios verdes y el espacio público.

Concretamente las metas de la PNOT pueden ser aplicadas a la escala de análisis teniendo como prioridad la disminución de los asentamientos humanos en condición de precario y las viviendas ubicadas en zonas de riesgo, así como el apoyo en la disminución del déficit de infraestructura y servicios de salud, educación y otros equipamientos sociales, particularmente en las zonas del país con mayor rezago y donde es mayor la concentración de hogares pobres con jefatura femenina (ver imagen 15). Propiamente, corresponde con la materia ambiental en la información y motivación para el aumento en la cantidad de

usuarios que utiliza el transporte público y en la generación de nuevos espacios verdes para la calidad de vida (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, 2012).



Imagen 15: Viviendas ubicadas en los márgenes del río María Aguilar, sector Concepción de La Unión<sup>20</sup>. Fuente: Elaboración propia, 2014

#### 4.1.2. Protección y manejo ambiental

La protección y el manejo ambiental son fines de los Corredores Biológicos enfocados al ordenamiento territorial, al ser el estudio de caso un Corredor Interurbano se especializa en el manejo con la visión de cuencas y del recurso hídrico, como se mencionó en el diagnóstico el río es uno de los más contaminados a nivel nacional y existe una ausencia en la gestión territorial por cuencas (Calvo & Mora, 2007). Este aspecto del Ordenamiento Territorial refiere también a la diversidad biológica al cómo gestionarla y conservarla en áreas urbanas; según el inventario presentado, la diversidad puede ser alta de modo transitoria por las áreas por lo que las diferentes intervenciones se deben respaldar en este eje, por último se habla de la educación ambiental como instrumento para la protección y rehabilitación ambiental, mediante trabajos conjuntos interinstitucionales para alcanzar el objetivo de concientización de la población sobre buenas prácticas ambientales.

---

<sup>20</sup> La fotografía muestra las viviendas en el cantón Concepción que se ubican en los márgenes de los cauces, además se da la presencia de vertidos directamente sobre el río María Aguilar

Se fijan metas que se adaptan a partir a la zonificación ambiental entre las que sobresalen: la disminución progresiva de la huella ecológica, un plan para la gestión de sus recursos naturales del Corredor Biológico y la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero asociados a los sistemas de transporte público. Además se plantea lograr que los planes de ordenamiento territorial de los municipios del país incorporen la variable ambiental y se dé el enfoque de planificación de la cuenca hidrográfica (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, 2012).

#### **4.1.3. Competitividad territorial**

El tercer eje que se adapta a las zonificaciones ambientales es la competitividad territorial y el manejo adecuado de los recursos. En este aspecto destacan dos hechos: la gestión pública como insumo para lograr un balance interinstitucional en los proyectos del área y el potencial turístico, no solo ambiental sino cultural o urbano, manteniendo una ciudad sostenible, limpia y agradable para los usuarios.

La PNOT menciona una serie de objetivos que se adaptan al área de estudio resultando como los principales: el impulsar el desarrollo e implementar planes reguladores actualizados de los cinco municipios del área, así como el plan de ordenamiento territorial en la región central de Costa Rica. Sobre este aspecto, se menciona la importancia de disminuir el tiempo promedio requerido para la revisión, tramitación y actualización de los planes de ordenamiento territorial como una herramienta para que la gestión se elabore de forma progresiva y fomentar que las municipalidades del país cuenten con un mosaico catastral y la plataforma de valores actualizados (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, 2012).

#### **4.1.4. Planificación y desarrollo urbano**

En el Plan Nacional de Desarrollo vigente (2015-2018), se incluye al Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar como medio de planificación urbana y del ordenamiento territorial. Basado en estas actividades se deben de crear los instrumentos para poner en práctica la propuesta de zonificación ambiental, destacan siete características de esta entidad en el área que ocupa, en detalle: la recuperación de flora y fauna autóctona, la recuperación de zonas verdes por medio de campañas de reforestación, recreación con la limpieza constante de áreas determinadas, rehabilitación ecológica paulatina de ecosistemas, protección y conservación de las nacientes mediante trabajos interinstitucionales y la recuperación de sitios históricos y de patrimonio arquitectónico (Ministerio de Planificación y Política Económica, 2015).

Al estar incluida la institución en el Plan Nacional de Desarrollo le da insumos y herramientas para poder manejar y gestionar la microcuenca a través de estas actividades completado con el fondo GEF. En concreto bajo el método, los ejes presentados y la PNOT en un enfoque de ciudades sostenibles posibilitarían que el marco de gestiones sustentables sobre el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar.

## 4.2. Aplicación del método Saaty de Jerarquías Analíticas

El método Saaty asigna el peso estadístico a cada variable según el análisis jerárquico entre la relación de los atributos y estos no son excluyentes (Gómez & Barredo, 2005). Para el caso en estudio la selección fue de las variables antes descritas: aspectos hídricos, densidad poblacional, uso de la tierra, divergencia del uso de la tierra, índice de estabilidad ecodinámica, índice de fragilidad ambiental y zonificación de riesgo. Se realizó la escala de medición para la comparación entre cada criterio binario, teniendo como resultado el cuadro 11, donde se detalla el peso asignado según la relación a criterio del investigador.

**Cuadro 11: Matriz comparación de pares a completar para la Zonificación Ambiental**

Indicadores	Aspectos Hídricos	Densidad poblacional	Uso de la Tierra	Divergencia de uso de la Tierra	Fragilidad Ambiental	Estabilidad ecodinámica	Zonificación de riesgo
Aspectos Hídricos	1	1/5	1/3	1/7	1/3	1/4	1/2
Densidad poblacional	1/5	1	1	1/7	1/3	1/5	1
Uso de la Tierra	1/3	1	1	1	1/3	1/4	1/2
Divergencia de uso de la Tierra	1/7	1/7	1	1	1/8	1/7	1/6
Fragilidad Ambiental	1/3	1/3	1/3	1/8	1	1/4	1/3
Estabilidad ecodinámica	1/4	1/5	1/4	1/7	1/4	1	1/4
Zonificación de riesgo	1/2	1	1/2	1/6	1/3	1/4	1

Fuente: Elaboración propia, 2014

Para cada peso asignado se realizó una breve justificación determinando la relación entre las variables. Cuando la escala de medición es 1, significa que ambas variables son igualmente importantes, como en el caso de riesgo ligado a la población, que uno perjudica al otro directamente, así como el uso de la tierra con la divergencia, el segundo se deriva del primero y el uso de la tierra con la población quien decide cómo usar el espacio territorial.

La escala 1/2 y 1/3 refiere a que una variable es ligeramente más importante que otra. Para el estudio de caso corresponde con la fragilidad ambiental con la importancia hídrica; la población, el uso de la tierra y el riesgo son variables que están interrelacionadas es decir son insumos entre sí; además se contempla la relación del riesgo con la parte hídrica y el uso de la tierra, ya que según el tratamiento y uso de aguas y según el uso del espacio el riesgo puede incrementar o disminuir, son variables directamente relacionadas y una afecta a la otra.

En las escalas 1/4, 1/5 y 1/6 se trata cuando una variable es notablemente más importante que otra. La estabilidad ecodinámica del territorio se ve relacionada con el resto de variables en esta categoría porque no es excluyente, sino complementaria con el resto y se utilizan para la generación de la zonificación ambiental.

Los pesos 1/7 y 1/8 se relacionan cuando una variable es más importante que otra. En el caso de que la mayoría de las variables se presentan como más significativas que la divergencia del uso de la tierra, la cual es un resultado del uso de la tierra y la capacidad de uso del mismo.

Al normalizar los datos entre los totales, resultan los pesos estadísticos. Estos en detalle se muestran en el cuadro 12, donde la variable más importante estadísticamente es el uso de la tierra con 19.08 %, seguido de la zonificación de riesgo y la densidad de población con aproximadamente 15.50 %, en el cuarto sitio, según un orden de importancia, se encuentra la variable hídrica con casi 13 %, por último los índices de fragilidad ambiental y de estabilidad ecodinámica y la divergencia del uso de la tierra son las variables con menor peso estadístico, teniendo valores cercanos al 12 %.

<b>Cuadro 12: Pesos estadísticos para la zonificación Ambiental</b>	
<i>Variable</i>	<i>Porcentaje</i>
Uso de la tierra	19,08
Zonificación de riesgo	15,86
Densidad poblacional	15,49
Aspectos Hídricos	12,93
Fragilidad Ambiental	12,76
Estabilidad ecodinámica	11,96
Divergencia de uso de la tierra	11,92

Fuente: Elaboración propia, 2014

Es importante rescatar en cuanto al peso estadístico asignado que la variación entre las últimas seis variables es de máximo 4 %, por lo que están muy relacionadas. Por otro

lado, el uso de la tierra difiere respecto a la divergencia del uso de la tierra en más de 7 % es decir la validación de los pares estadísticos se acepta en términos de resultados.

Para verificar y validar que los pares y los pesos asignados cumplan con un estándar y puedan ser utilizados para la zonificación se usa la medida global de consistencia, el resumen de la fórmula mencionada en la metodología sería:

$$RC = \frac{\frac{EMP-7}{7-1}}{1,32} \quad RC = \frac{\frac{7.002-7}{7-1}}{1,32}$$

El “eigenvector máximo ponderado” fue el resultado de la suma de los pesos, en este caso fue de 7.02, al aplicarse la fórmula la medida global de consistencia dio un resultado de 0.002. Al ser un valor menor a 0,10 se considera que existe una consistencia apropiada de los juicios por consiguiente los pesos estadísticos asignados son válidos estadísticamente y por lo tanto se pueden usar estos pesos para la realización de la zonificación ambiental.

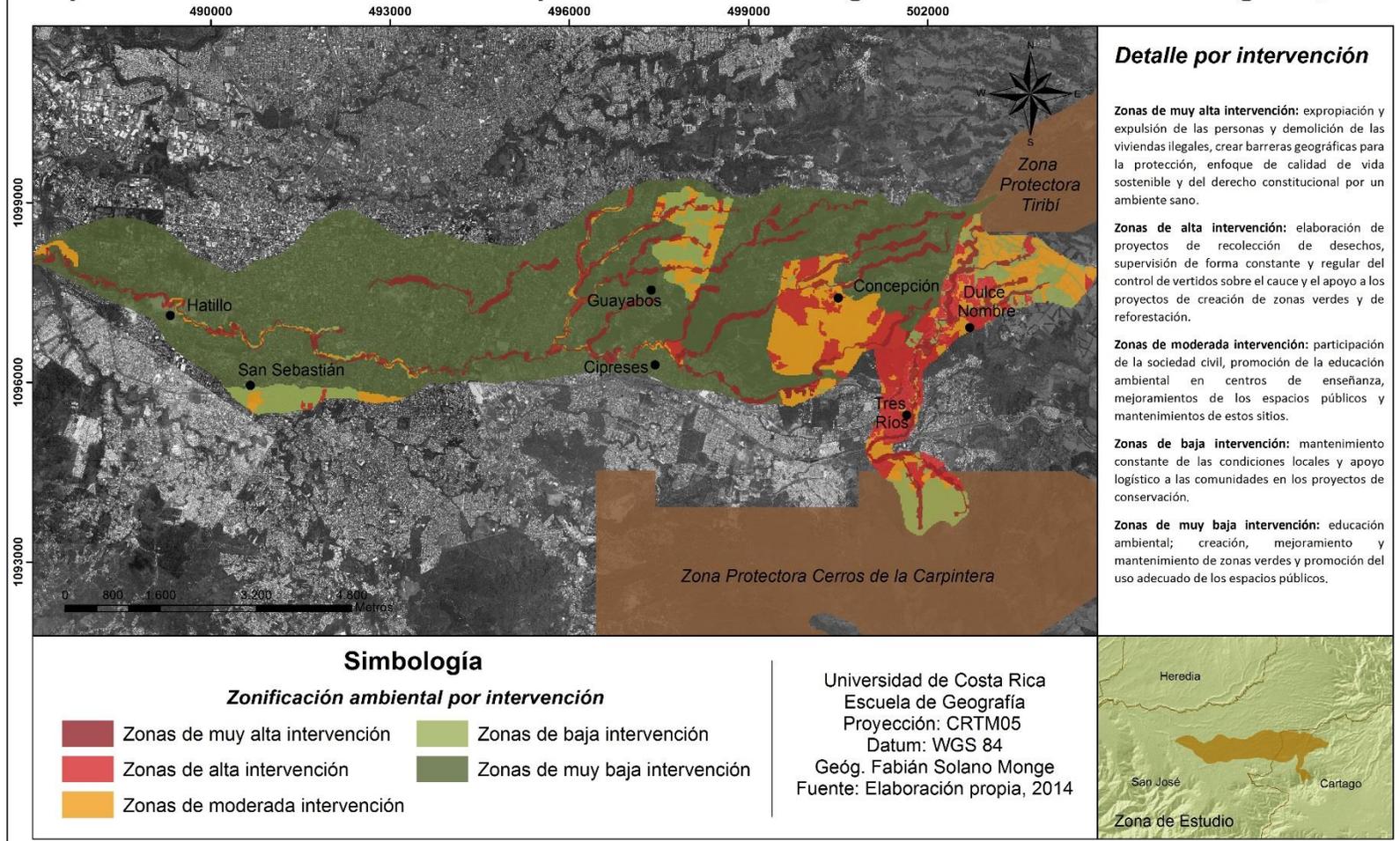
### **4.3. Propuesta de zonificación ambiental**

Al sobreponer las capas según el peso asignado mediante el método de Saaty, el software brinda una serie de valores, estos representan un valor de intervención en el área. Se elaboró la zonificación ambiental por intervención ya que la zona se ubica sobre el área urbana más grande de Costa Rica por lo que la gestión y las restricciones de uso de la tierra y del suelo varían significativamente respecto a un área rural.

El territorio al no ser un lienzo en blanco se debe fortalecer y promover las oportunidades tanto socioeconómicas como ambientales de la zona, y se debe minimizar las amenazas reales. En diferentes niveles de intervención el Corredor Biológico se pueden crear una serie de políticas, planes y proyectos para el manejo acertado del área según las condiciones locales imperantes.

En el mapa 11 se muestra la propuesta de zonificación ambiental para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Se detalla en zonas de muy alta intervención, zonas de alta intervención, zonas de moderada intervención, zonas de baja intervención y zonas de muy baja intervención, cuyas características son desarrolladas posteriormente.

## Propuesta de zonificación ambiental para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, 2014



Mapa 11: Propuesta de Zonificación Ambiental por niveles de intervención para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. Fuente: Elaboración propia, datos del CBIMA, 2014.

#### 4.4. Niveles de intervención de la zonificación ambiental

Según el resultado de la propuesta de zonificación ambiental del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se detallan los niveles de intervención a partir del área y de las características de cada zona, ampliadas y ejemplificadas en este apartado.

##### 4.4.1. Zonas de muy alta intervención

Las zonas de muy alta intervención están caracterizadas por ser zonas de muy alto riesgo, de muy alta fragilidad ambiental, con importancia hídrica, con densidad de población media, son sitios inestables, con un uso de la tierra variado y con tierras subutilizadas, corresponden con los poblados Concepción y San Juan en La Unión, Granadilla y Cipreses en Curridabat, y el área de protección del cauce del río María Aguilar. En estos sectores se da ocupación ilegal de terrenos, por ejemplo en los márgenes de los ríos, construcciones a la orilla de cauce y además se da un cambio importante en el uso de la tierra, al pasar de bosque secundario a cafetal, y de cafetal a sitios de residenciales de alto valor adquisitivo.



Imagen 16: Zonas de intervención muy alta, sector de la cuenca alta del río María Aguilar<sup>21</sup>.

Fuente: CBIMA, 2014

Se recomienda en este sector, la expropiación y expulsión primero de las personas y demolición viviendas y todo tipo de ocupación en los márgenes del río María Aguilar quienes son las principales fuentes contaminantes actuales. Además, de crear barreras geográficas, como zonas de transición con árboles dispersos, para la protección de los

---

<sup>21</sup> Zona de intervención muy alta, se da la amenaza del bosque secundario fragmentado en la cuenca alta y la deforestación de sectores cercanos.

parches de bosque resultantes e impulsar una serie de medidas para que las construcciones futuras no intervengan en el enfoque de calidad de vida sostenible y del derecho constitucional por un ambiente sano (ver imágenes 16 y 17).



Imagen 17: Zonas de intervención muy alta, sector Granadilla<sup>22</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

#### **4.4.2. Zonas de alta intervención**

Las zonas de alta intervención están caracterizadas por ser zonas de alto riesgo, de alta fragilidad ambiental, con importancia hídrica, con densidad de población alta, son sitios inestables, con un uso de la tierra variado y con tierras subutilizadas. Corresponden con los poblados al oeste de Concepción y sur de San Juan en La Unión, Lourdes y Cedros en Montes de Oca y San Sebastián y Hatillo en San José. En estos sectores las condiciones locales hacen que sea de alta intervención, fueron determinados como los puntos focales de contaminación del río María Aguilar, y donde se amenaza la vegetación resultante del área, además presenta los precarios más grandes del área, el uso de la tierra es urbano pero amenaza la salud ambiental y son sitios inseguros para la población.

Se recomienda en este sector la elaboración de proyectos de recolección de desechos, así como supervisar de forma constante el control de vertidos sobre el cauce, e impulsar los proyectos de creación de áreas verdes y de reforestación en las zonas que sea posible, y del mantenimiento de estas áreas (ver imagen 18).

---

<sup>22</sup> Zona de intervención muy alta, se da la pérdida de cobertura boscosa en zonas del alto riesgos, para reemplazar con otros usos cercanos, como el urbano y cultivos.



Imagen 18: Zonas de intervención alta, sector Hatillo<sup>23</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

#### **4.4.3. Zonas de moderada intervención**

Las zonas de moderada intervención están caracterizadas por ser zonas con riesgo moderado, fragilidad ambiental moderada, con importancia hídrica, con densidad de población alta, son sitios estables, con un uso de la tierra continuo y son tierras subutilizadas, corresponde con los poblados al oeste de Paso Ancho en San José y Granadilla y Guayabos en Curridabat. En estos sectores las condiciones locales hacen que sea de moderada intervención, ya que presentan un continuo uso urbano, sin afectar a los usos cercanos y se encuentran lejos del cauce pero son zonas importantes para la gestión de cuencas, al presentar bajos niveles de participación de la sociedad civil y además de tener alto niveles inseguridad ciudadana.

Para estos sitios se recomienda la instrucción para la participación de las personas en las actividades de la sociedad civil en materia ambiental, promoción de la educación ambiental en centros educativos, religiosos y culturales, mejoramiento de los espacios públicos hacia zonas verdes para el acceso de toda la población y mantenimiento de estos sitios. Además, de talleres y charlas participativas sobre medios de conservación y reciclaje, por último se deben crear proyectos de voluntariado comunitario para apoyar las gestiones en el resto de intervenciones (ver imágenes 19 y 20).

---

<sup>23</sup> Zona de intervención alta, ausencia de vegetación y presencia de contaminación en los márgenes del río María Aguilar.



Imagen 19: Ejemplo de zonas de intervención moderada, sector Mata Redonda<sup>24</sup>. Fuente: CBIMA, 2014



Imagen 20: Zonas de intervención moderada, sector Granadilla<sup>25</sup>. Fuente: CBIMA, 2014.

#### **4.4.4. Zonas de baja intervención**

Corresponde con la franja territorial a lo largo del río entre Hatillo 1 y Barrio La Cruz en San José, esta zona presenta las condiciones idóneas para la conectividad de especies y de paisajes en la zona, al tener parches de bosque conservados y que sirven para albergar

---

<sup>24</sup> Zona de intervención moderada, ejemplo de uso del espacio en Mata Redonda con agricultura urbana que no amenace a la vegetación cercana y a la calidad del agua del cauce.

<sup>25</sup> Zona de intervención moderada, presencia de abundante vegetación en las orillas de los ríos con ocupación ilegal por medio de viviendas en forma de tugurio.

sitios de hábitats de especies temporales. Se recomienda en esta zona el mantenimiento constante de las condiciones locales y el apoyo logístico a las comunidades en los proyectos de conservación, además de campañas de educación ambiental por medio de talleres participativos para la población (ver imágenes 21-22).



Imagen 21: Ejemplos de intervención baja, reforestación en el Parque de la Paz<sup>26</sup>. Fuente: CBIMA, 2014

#### ***4.4.5. Zonas de muy baja intervención***

Las zonas de muy baja intervención corresponden con los indicadores que alcanzaron los valores menores, como el bajo riesgo, la baja fragilidad ambiental, con baja importancia hídrica, con densidad de población alta, son sitios estables, con un uso de la tierra continuo y con tierras utilizadas dentro de su capacidad de uso, corresponde con el restante de la microcuenca, donde se ubica la zona central de San José, San Pedro y Sabanilla de Montes de Oca y el sur de La Unión, es decir toda la zona urbana de la microcuenca. En la imagen 23 se muestra la zona urbana catalogada como de baja intervención; además se agregan las franjas cercanas a las áreas protegidas donde las condiciones locales no influyen o ponen en riesgo las zonas protectoras.

---

<sup>26</sup> Zona de intervención baja, reforestación en sitios potenciales, plantación en Parque de la Paz, por grupo adventista



Imagen 22: Ejemplos de intervención baja, sector Zapote<sup>27</sup>. Fuente: CBIMA, 2014.



Imagen 23: Ejemplos de intervención muy baja, campañas de educación ambiental en Festival TransiTarte<sup>28</sup>. Fuente: Elaboración Propia, 2015

En estos sectores se recomiendan tres aspectos: el primero corresponde con que al ubicarse una gran cantidad de centros educativos de primera y segunda enseñanza y de educación universitaria se debe crear e impulsar con el apoyo del Ministerio de Educación Pública una campaña de educación ambiental sobre la importancia de la gestión hídrica, corredores biológicos interurbanos y los comportamientos sobre el uso de desechos que se deben tener; en segunda instancia se deben de crear, mejorar y mantener las zonas verdes en áreas urbanas como un medio para el progreso en la ciudad, así como promoverlas hacia una gestión participativa y de disfrute de la población; como último término, se encuentra el mantenimiento constante de toda la zona y la promoción del uso adecuado de los espacios públicos para garantizar el bienestar colectivo (ver imagen 24).

<sup>27</sup> Zona de intervención baja, reforestación en sitios potenciales, plantación en terreno reforestado de la Universidad Véritas

<sup>28</sup> Zona de intervención muy baja, ejemplos de material usado en campañas de educación ambiental realizadas en la zona central de San José.



Imagen 24: Zonas de Muy Baja Intervención para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar<sup>29</sup>. Fuente: Elaboración propia, 2014

Basado en la zonificación ambiental por intervención y en los ejes de ordenamiento territorial a través de la política nacional, se espera que el Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar funcione como un medio para el cambio cultural hacia un enfoque sostenible y hacia un mejoramiento en la calidad sanitaria de la ciudad y del cauce del río, teniendo como base los niveles de intervención en toda el área estudiada.

---

<sup>29</sup> Se ejemplifica como zona de muy baja intervención el área urbana de la microcuenca del río María Aguilar que no amenaza directamente los cauces y afluentes del cuerpo fluvial.

## 5. Capítulo V: Conclusiones

Con base en los indicadores actualizados, la delimitación propuesta, el marco legal sobre la normativa costarricense para corredores biológicos, y la propuesta de zonificación ambiental el Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar posee los insumos para completar el perfil técnico.

Con estos insumos además puede ser catalogado como un ente con figura de carácter oficial ante el MINAE y el SINAC y de este modo puede tener una mejor capacidad en la gestión y manejo del área delimitada.

Al incluir el concepto de cuenca dentro de la delimitación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se incluyen las capacidades de gestión y manejo de forma interinstitucional y de participación de la sociedad civil.

A través de los ejes de fomento, uso, manejo y conservación sostenible de la biodiversidad, del manejo de recursos naturales, suelos y de las herramientas para la planificación, de la Ley 7779, el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar se fortalecerá en capacidades de gestión mediante una viabilidad económica y bajo la participación de la sociedad civil y de los actores clave.

El marco legal estudiado sobre la normativa costarricense refiere a que es posible la consolidación de Corredores Biológicos Interurbanos sustentado sobre artículos y leyes concretas, en este caso para el río María Aguilar abre los aspectos para que puedan ser financiados, consolidados y manejados hasta con áreas de protección absoluta.

Basado en los criterios de conectividad se pudo validar que la red hídrica de las áreas urbanas funciona como eje para establecer la conexión entre paisajes fragmentados y entre especies de flora, principalmente arbóreas y herbáceas, y de fauna, específicamente serpientes, roedores y aves permanentes, que usan el área para el movimiento y para el hábitat.

Así mismo estas áreas pueden ser restauradas como límites del crecimiento urbano al actuar como un sitio para la promoción de espacios verdes públicos dentro de la ciudad de San José y para disminuir el efecto de borde sobre las Zonas Protectoras Tiribí y Cerros de la Carpintera.

La avifauna muestra que su comportamiento ecológico es vital para la movilidad y el hábitat, es el grupo de especies principalmente beneficiado por la conectividad con la que cuenta el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, donde el 68 % de las especies

son residentes permanentes, el 12 % son aves visitantes, el 18 % corresponde con aves migratorias temporales norteañas y de paso norteañas, y solo un 2 % es residente temporal.

La delimitación del Corredor Biológico Interurbano del río María Aguilar responde a criterios legales, de distribución de especies y de manejo a nivel de cuencas, esto le posibilita funcionar como institución tomadora de decisiones, agente del ordenamiento territorial e institución pionera en el manejo de biodiversidad en ecosistemas urbanos.

El diagnóstico o análisis de sitio de la microcuenca del río María Aguilar, ejemplifica mediante datos la situación actual en términos geográficos y de paisaje de lo que ocurre en la zona, con cambios de paisaje abruptos, disminución de los parches de bosque remanentes y la inminente contaminación del cauce y del sistema lótico de la red hídrica.

Al comparar las tres unidades de paisaje, descritas en el diagnóstico, estas son claramente diferenciables, desde las condiciones locales, climáticas y altitudinales hasta los usos y las especies usuarias de la zona.

Existe una degradación paisajística desde la cuenca alta hacia la cuenca baja, esto por el grado de urbanización dado, así como por las singularidades que presentan tanto el cauce como las áreas próximas.

El grado de urbanización de la microcuenca es muy alto, con casi el 95 % de las zonas bajo alguna influencia urbana dejando sin espacio para nuevas edificaciones o nuevos usos de la tierra, por lo que el cambio histórico es notable y se modifica cada cierto período.

La urbanización anudada a los sistemas acuíferos refiere al grado de contaminación severa que presenta el río María Aguilar, el cual no puede sostener ninguna forma de vida acuática y que mantiene su cauce gracias al vertido de desechos de las viviendas, servicios, industrias y comercios cercanos.

Con la importancia hídrica de la zona se vislumbran aspectos clave, como la ubicación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar sobre grandes acuíferos, el daño de contaminación de nacientes por infiltración desde el suelo y la gran cantidad de pozos de extracción de agua para el consumo personal o institucional.

Los cambios demográficos históricos espaciales y en áreas cercanas demuestran el mosaico de pobladores de la zona, desde regiones hacinadas o muy densamente pobladas, hasta regiones relativamente con baja densidad demográfica.

Los cambios demográficos dan a relucir posibles sitios dormitorios, como San Sebastián y Hatillo, y evidencian áreas con posibles problemas urbanos, como de

alcantarillado y acueductos, uso del espacio verde o disponibilidad de centros educativos y de oferta de servicios.

El uso de la tierra valida que aproximadamente el 95 % del área de la microcuenca se encuentra urbanizada por diferentes formas.

La cantidad de bosque secundario y de pastos para la conectividad entre paisajes y especies es reducida, 334,03 Km<sup>2</sup>, lo que representa un alto grado de vulnerabilidad para la conexión deseada.

El Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar al estar ubicado en la principal área urbana del país no tiene una grave divergencia en el uso de la tierra que deba ser corregida, ya que todo el uso de la tierra se encuentra bien utilizado o subutilizado.

La zonificación de riesgo muestra que en la zona urbana por la baja pendiente y la continuidad territorial el riesgo es bajo, en las zonas cercanas a los cauces el riesgo es alto ya que se pueden dar inundaciones focalizadas, y el riesgo es muy alto en zonas del este del Corredor Biológico por deslizamientos y sismos.

El Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar presenta una estabilidad real ecodinámica del paisaje, al tener un comportamiento continuo de estabilidad espacialmente que le da esa cualidad, pero posee zonas inestables que amenazan principalmente a los parches de bosque remanentes y el cauce de los ríos.

La propuesta de zonificación ambiental validada mediante el método de jerarquías analíticas de Thomas Saaty propone diferentes niveles de intervención que deben emplearse sobre el área según las características de los indicadores. Al establecer niveles de intervención, estos funcionan como prioridades de manejo del área, mediante la formulación e implementación de proyectos para dar el enfoque sostenible y posibilitar la disminución de la fragmentación ecológica y paisajística del área.

La propuesta de zonificación ambiental justificada con los ejes sobre la Política Nacional de Ordenamiento Territorial y el Plan Nacional de Desarrollo maximiza el grado de intervención propuesto en cada zona del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar creando sitios para posibilitar la capacidad de hábitat, fomentando de forma interinstitucional la competitividad territorial y promoviendo el manejo y protección ambiental de los recursos naturales y del uso y apropiación del espacio urbano.

La propuesta de zonificación ambiental basada en criterios de ordenamiento territorial responde a un análisis de diversas esferas que contempla la situación real de la microcuenca del río María Aguilar para el año 2014.

Los diferentes grados de intervención de la propuesta de zonificación ambiental, posibilitan el mejoramiento real en términos ambientales y de planificación urbana del área del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar.

El estudio encaja con diferentes áreas geográficas, mostrando insumos y manejo de teorías, especialmente ligado a la Biogeografía, a la Geografía Urbana y al Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas.

El enfoque desarrollado presenta una línea contextual real de uso cotidiano para los geógrafos y geógrafas, utilizando herramientas geográficas y procurando mantener una relación directa con el campo de estudio.

El problema de investigación se ve solventado al proponer una zonificación del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar que suple la necesidad de gestión y manejo de la institución, al actualizar una serie de indicadores para completar el perfil técnico y al delimitar de forma efectiva el área posibilitando la conectividad entre dos áreas silvestres protegidas.

El perfil técnico del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar estaría completado con la actualización de los indicadores, la delimitación para crear la conexión entre dos áreas protegidas y la propuesta de zonificación ambiental, por lo que funcionaría como herramienta para posibilitar la oficialización como un ente con figura de carácter ante el Ministerio de Ambiente y Energía y ante el Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

## 6. Capítulo VI: Recomendaciones

En primera instancia se recomienda al Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar utilizar toda la información buscada, contextualizada, creada y actualizada para completar las diferentes partes del perfil técnico de Corredores Biológicos Interurbanos, con la información completada puede ser catalogado como un ente con figura de carácter oficial ante el MINAE y el SINAC y de este modo puede tener una mejor capacidad en la dificultad de la gestión y manejo del área delimitada.

El concepto de cuenca en el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar abre la posibilidad de incluir a toda organización que tenga injerencia dentro del área delimitada, esto le da carácter participativo y de tomador de decisiones en forma consensuada y conjunta, se recomienda para otros Corredor Biológicos incluir el concepto de cuenca como medio de gestión y de beneficio mutuo, ya que brinda la posibilidad de trabajar de forma conjunta con diferentes objetivos en el manejo de los recursos naturales y brinda la posibilidad de poder integrar información y planes unidos a favor de un territorio determinado.

El marco legal es un insumo para justificar la existencia de este organismo, este aspecto se puede replicar y adaptar para la consolidación de otros entes con funciones medioambientales e interesados por el ordenamiento de cuencas hidrográficas, por la gestión integrada del recurso hídrico, por la conservación ambiental y por el tema de corredor biológicos.

Amparado en la legislación nacional y con bases sólidas que demuestren la existencia de un organismo se puede adaptar la información del marco legal y la interpretación de la normativa costarricense a favor de otros proyectos ambientales.

Según los criterios de conectividad debe existir un manejo del área de protección y la introducción de las especies usuarias de flora y fauna, en especial de aves, del sistema como medio para la reforestación y mejoramiento del área, así como para la limpieza del cauce y el diseño de políticas para solventar la fragmentación ecológica y paisajística que se presenta en la zona y poder establecer la conexión entre las áreas silvestres protegidas aisladas.

Se recomienda abrir la investigación hacia diferentes tipos de asociación de especies en el área, motivo por el cual se crea el corredor biológico, por ejemplo con las familias de plantas que son polinizadas por las aves como algunas especies de bromelias, ericáceas, gesneriáceas, entre otras, además de determinar el comportamiento de los bosques residentes en San Ramón de Tres Ríos.

Al replicar este estudio se recomienda que la conectividad ribereña se vea incrementada hacia áreas de protección cercanas como el Parque Nacional Irazú y la Zona Protectora Cerros de Escazú, incrementando el área de alcance y la población beneficiada, teniendo en cuenta los criterios de cuenca y de ordenación territorial para posibilitar la gestión dentro de un área mayor, esto como una meta a plantear según los beneficios que se den en un tiempo determinado.

El diagnóstico o análisis de sitio del Corredor Biológico estudiado, muestra la situación actual del cuerpo fluvial, se recomienda que debe ser ampliado a escala de la cuenca del río Tárcoles para dar a conocer la situación actual en el área urbana más grande de Costa Rica y poder iniciar proyectos, planes y políticas hacia la recuperación de los espacios restantes y poder fortalecer las buenas iniciativas locales enfocadas en la sostenibilidad ambiental.

Se recomienda un trabajo conjunto entre universidades estatales y Acueductos y Alcantarillados, para obtener valores más certeros y recientes sobre la condición actual de los cauces y los vertidos sobre estos, especialmente en zonas urbanas.

El diagnóstico del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, ejemplifica mediante datos la situación actual en términos geográficos y de paisaje de lo ocurre en la zona, con cambios de paisaje abruptos, disminución de los parches de bosque restantes y la inminente contaminación del cauce y del sistema lótico de la red hídrica, estos aspectos son clave y se recomienda la creación de un Plan de Manejo para el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, ya que pone en perspectiva la situación real y a partir de que bases se debe empezar a actuar en materia ambiental.

Se recomienda que los indicadores usados de tipo socioeconómico y biofísico, detallados en el tercer capítulo, sean actualizados al menos cada cinco años, para conocer el cambio que se ha dado; para nuevas líneas de gestión y además para poseer información actualizada sobre el área para el manejo y para poder prevenir y mitigar posibles efectos.

Así mismo se recomienda que estos indicadores sean replicados para otras áreas urbanas y para otros proyectos de Corredores Biológicos ribereños o Interurbanos y poder realizar propuestas de zonificación ambiental, ya que como se mostró su ponderación basado en métodos estadísticos obtiene un resultado satisfactorio, para facilitar el manejo acertado, eficaz y participativo del área deseada.

Específicamente sobre el índice de estabilidad ecodinámica es poco utilizado en materia ambiental y geográfica, este índice puede ser adaptado a otras variables y situaciones para determinar el grado de estabilidad en zonas específicas, es un indicador importante que bajo el criterio de este estudio ejemplifica la variable más útil a tomar en

cuenta, por lo tanto se recomienda el uso y la investigación sobre este aspecto, para determinar la estabilidad de paisajes en diversas funciones y características propias.

Se recomienda directamente al Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar la implementación de la propuesta de zonificación ambiental presentada y la difusión del método de Saaty dentro del medio, ya que ambos son herramientas básicas para el manejo y la ordenación territorial, además se espera que las intervenciones se hagan de forma conjunta e interinstitucional, según el grado de importancia en toda el área y que las áreas restantes de cobertura vegetal sean protegidas para garantizar algún grado de conectividad.

Se recomienda además al Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, basado en el mapa 11 que se respete la propuesta mostrada, donde cada nivel de intervención se encuentra justificado y ligado a un análisis previo, con recomendaciones propias para cada nivel de intervención.

Concretamente por nivel de intervención se recomendaron una serie de acciones, en detalle para las zonas de intervención muy alta se espera que se dé en primer lugar la expropiación y expulsión de las viviendas y todo tipo de ocupación en los márgenes del río María Aguilar que violenten la normativa costarricense, basado en la delimitación propuesta, además de crear barreras geográficas para la protección de los parches de bosque secundario y bosque secundario fragmentado resultantes e impulsar una serie de medidas con los gobiernos locales respectivos para que las construcciones futuras no intervengan en el enfoque de calidad de vida sostenible y del derecho constitucional por un ambiente sano.

Para las zonas de alta intervención se recomienda la elaboración de acciones y proyectos de recolección de desechos tanto en los márgenes de los ríos como en las zonas verdes y altamente urbanizadas, la supervisión de forma constante y regular del control de vertidos sobre el cauce, y apoyar los proyectos de creación de áreas verdes y de reforestación en las zonas determinadas.

En las zonas de moderada intervención se espera que se dé la instrucción para la participación de las personas en las actividades de la sociedad civil en materia ambiental, la promoción de la educación ambiental en centros y en actividades educativas, religiosas y culturales, además de generar métodos e instrumentos para el mejoramiento de los espacios públicos hacia zonas verdes para el acceso universal de toda la población y mantenimiento de estos sitios, resalta la importancia de crear talleres y charlas participativas constantes sobre medios de conservación y reciclaje.

En la categoría de baja intervención y los sitios correspondientes se recomienda mantenimiento constante de las condiciones locales y el apoyo logístico a las comunidades en los proyectos de conservación, es decir mantener y mejorar la sanidad de los espacios, basado en proyectos de educación ambiental por medio de talleres participativos para el acceso universal de la población.

Para las zonas de muy baja intervención se espera que el Consejo Local ponga en práctica, en la gran cantidad de centros educativos ubicados en esta área, campañas de educación ambiental sobre la importancia de la gestión hídrica, corredores biológicos interurbanos y los comportamientos sobre el uso de desechos que se deben tener. Se espera además la creación, mejoramiento y mantenimiento de las zonas verdes en áreas y la promoción del uso adecuado de los espacios públicos para garantizar el bienestar colectivo.

La Política Nacional de Ordenamiento Territorial y el Plan Nacional de Desarrollo son los ejes en materia ambiental por los cuales se deben guiar los planes y proyectos que tenga el Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar, al poseer carácter oficial se justifica mediante planes nacionales y por lo tanto las futuras gestiones estarán sustentadas según el interés nacional, por lo tanto todo proyecto que se impulse debería enmarcarse en el contexto nacional e internacional de la materia para maximizar su validez y su confiabilidad.

Por último basado en el problema de investigación se recomienda hacia otras organizaciones que se encuentren en situaciones similares la replicación de este tipo de estudios, dando mayor importancia el marco legal, la posible conectividad de especies y paisajes y la zonificación ambiental, junto con sus insumos, como aspectos básicos para oficializarse, justificarse y gestionar el área respectiva mediante un primer plan básico de acción.

## 7. Referencias bibliográficas

- Acueductos y Alcantarillados. (2000). *Monitoreo de la Contaminación de los Ríos de San José*. Consultoría, San José.
- Arce, M. (2011). Propuesta de una zonificación geográfica para una finca ganadera semiintensiva: el caso de la finca el Ceibo S.A., San Jorge, los Chiles, Costa Rica . Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio: Tesis de Licenciatura en Geografía.
- Bahri, A. (2012). Gestión integrada de aguas urbanas. *TEC BACKGROUND PAPERS*(16), 2-76.
- Baltodano, A., & Zamora, J. (2010). Estrategia para la conectividad en un sector del Corredor Biológico San Juan-La Selva. Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio: Memoria de Práctica Dirigida de Licenciatura en Geografía.
- Barquero, L. (1988). Diagnostico ambiental y zonificación de la cuenca del río Rincon, basada en la opinion campesina Peninsula de Osa, Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio: Tesis de Licenciatura en Geografía.
- Beier, P., & Noss, R. (1998). Do Habitat Corridors Provide Connectivity? *Conservation Biology*, 12(6), 1241-1252.
- Bennett, A. (1998). *Enlazando el Paisaje: el papel de los corredores biológicos y la conectividad en la conservación de la vida silvestre*. Gland, Suiza: IUCN.
- Bennett, G., & Mulongoy, K. (2006). *Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal: Technical Series.
- Burel, & Baudry. (2002). Funcionamiento de las poblaciones en el paisaje. En Burel, & Baudry, *Ecología del paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones* (págs. 213-248). Madrid: Mundiprensa.
- Calvo, G., & Mora, J. (2007). Evaluación y Clasificación preliminar de la calidad del agua de la cuenca del río Tárcoles y el Reventazón. *Tecnología en Marcha*, 20(2).
- Campos, L., & Astorga, A. (2009). La metodolohía del IFA como herramienta de introducción integral de dimensión ambiental en el Ordenamiento del Territorio en Costa Rica. *Utrillas*(12), 153-158. Recuperado el 12 de diciembre de 2014, de [http://www.sedpgym.es/descargas/libros\\_actas/UTRILLAS\\_2009/12.UTRILLAS.pdf](http://www.sedpgym.es/descargas/libros_actas/UTRILLAS_2009/12.UTRILLAS.pdf)
- CATIE. (2005). *El manejo de un tacotal*. CATIE. Turrialba: INPASA. Recuperado el 12 de diciembre de 2014, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0897E/A0897E.PDF>

- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (2011). *Metodología para la evaluación de la efectividad del manejo de corredores biológicos*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- COBRI SURAC. (2007). *Ficha Técnica Corredor Biológico Ribereño Interurbano Subcuenca Reventado-Agua Caliente*. Cartago: SINAC.
- Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar. (2011). *Reglamento del Consejo Local del Corredor Biológico Interurbano río María Aguilar*. San José.
- Constitución Política de la República de Costa Rica. (1949). San José.
- Contreras, R., Luna, I., & Morrone, J. (2001). Conceptos Biogeográficos. *Elementos*, 33-37.
- Cumbre de Presidentes Centroamericanos. (1997). XIX CUMBRE DE PRESIDENTES CENTROAMERICANOS., (págs. 1-5). Ciudad de Panamá.
- Decreto N° 27998-MINAE. (17 de septiembre de 1999). Principio, criterios e indicadores para el manejo sostenible de Bosques Secundarios y la certificación forestal en Costa Rica. San José, San José, Costa Rica: La Gaceta.
- Escalante, X., & Pizarro, R. (2009). *Perfil Técnico Corredor Biológico "Río María Aguilar"*. San José: Municipalidad de San José.
- Espinosa, D. S. (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En *Capital natural de México* (Vol. I, págs. 33-65). México: Conabio.
- FONAFIFO. (2007). *Pagos por servicios ambientales*. Recuperado el 3 de mayo de 2014, de FONAFIFO:  
[http://www.fonafifo.go.cr/paginas\\_espanol/servicios\\_ambientales/servicios\\_ambientales.htm](http://www.fonafifo.go.cr/paginas_espanol/servicios_ambientales/servicios_ambientales.htm)
- Fondo de Financiamiento Forestal de Costa Rica. (2007). *Diagnóstico socio-ambiental de las comunidades asentadas en la microcuenca del río María Aguilar*. San José. Recuperado el 8 de mayo de 2014, de [http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/consultorias\\_investigaciones/ce\\_ps\\_a\\_005.pdf](http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/consultorias_investigaciones/ce_ps_a_005.pdf)
- Fundación Defensores de la Naturaleza. (2001). *Inventario de Flora y Fauna en el Trayecto del río María Aguilar*. Consultoría, San José.
- García, R. (2002). *Biología de la conservación: conceptos y prácticas*. San José, Costa Rica: INBio.
- Gómez, M., & Barredo, J. (2005). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio* (Segunda Edición ed.). Madrid: Editorial Ra-Ma.

- Kattan, G. (2002). Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. En G. Kattan, *Ecología y Fragmentación de Bosques Tropicales* (págs. 559-590). Cartago, Costa Rica: Ediciones LUR.
- Mendoza, R. (1989). *Conservación ambiental y desarrollo sostenido*. Quito, Ecuador: EDIGUIAS C.
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2010). *Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad*. San José.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2000). *Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de Biodiversidad*. San José: MINAE.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014 "María Teresa Obregón Zamora"*. San José.
- Ministerio de Planificación y Política Económica. (2015). *Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018 "Alberto Cañas Escalante"*. San José: MIDEPLAN. Recuperado el 18 de marzo de 2015, de <http://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/cd1da1b4-868b-4f6f-bdf8-b2dee0525b76/PND%202015-2018%20Alberto%20Cañas%20Escalante%20WEB.pdf>
- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos . (2013). *Plan GAM 2013: Zonas de Control Especial*. San José: MIVAH. Recuperado el 12 de diciembre de 2014, de [http://www.mivah.go.cr/Documentos/PlanGAM2013/01-DIMENSIONES/Zonas\\_Control\\_Especial.pdf](http://www.mivah.go.cr/Documentos/PlanGAM2013/01-DIMENSIONES/Zonas_Control_Especial.pdf)
- Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. (2012). *PNOT: Política Nacional de Ordenamiento Territorial 2012-2040*. San José: MIVAH. Recuperado el 10 de diciembre de 2014, de [http://www.mivah.go.cr/Documentos/rendicion\\_cuentas/Inf\\_Ges\\_Min\\_Irene\\_Campos/PNOT\\_2012-10-22\\_Aprobada.pdf](http://www.mivah.go.cr/Documentos/rendicion_cuentas/Inf_Ges_Min_Irene_Campos/PNOT_2012-10-22_Aprobada.pdf)
- Mora, M., & Ramírez, T. (2013). Propuesta de zonificación ambiental para las microcuencas de los ríos Blanco y Cuipilapa, Bagaces, Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio: Tesis de Licenciatura en Geografía.
- Municipalidad de San José. (2002). *Castro Industrial de la microcuenca del río María Aguilar*. San José. Recuperado el 8 de mayo de 2014, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cursouni/SKcatpluv.pdf>
- Noss, R. (1992). *The Wildlands Project: Land Conservation Strategy*. Recuperado el 31 de abril de 2014, de CONNIX: [www.connix.com/harry/nosswild.txt](http://www.connix.com/harry/nosswild.txt)
- Organización de la Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica*. Río de Janeiro.

- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Agenda 21: Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Río de Janeiro.
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica*. Río de Janeiro.
- Pagot, M. (2007). *Metodologías Inductivas y Deductivas en Técnicas de Teledetección*. Recuperado el 5 de junio de 2014, de Universidad de Córdoba: <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/estruct/Igodooy/Metodologia/Documentos/Pagot.pdf>
- Poiani, K., Richter, B., Anderson, M., & Richter, H. (2000). Biodiversity Conservation at Multiple Scales: functional sites, landscapes, and networks. *BioScience*, 50(2), 133-146.
- Porras, J. (1998). Evaluación Hidrológica de Cuencas Urbanas para el Control de Inundaciones y el Ordenamiento territorial mediante Sistemas de Información Geográfica. *Informe de Trabajo Final de Graduación*. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Montes de Oca: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil.
- Primack, R., Roíz, R., Feinsinger, P., Dirzo, R., & Massardo, F. (2001). *Fundamentos de conservación biológica*. México DF: Fondo de Cultura Económica.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2001). *Programa para la consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano*. Managua: IMPRIMATUR Artes Gráficas.
- Rodríguez, M. (1990). Efectos del desvío del río Ocloro hacia el río María Aguilar. Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil.
- Selpúveda, C. (2002). Áreas privadas protegidas y territorio: la conectividad que falta. *Ambiente y Desarrollo*, XVIII(2), 119-125.
- Sistema de la Integración Centroamericana. (1994). *Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible (ALIDES)*. Ciudad de Panamá.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2009). *Plan Estratégico del Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica para el quinquenio 2009-2015*. San José.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2010). *Plan Estratégico Sistema Nacional de Áreas de Conservación-SINAC 2010-2015*. San José.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2007). *GRUAS II: Propuesta de Ordenamiento Territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2009). *Plan Estratégico del Programa Nacional de Corredores de Costa Rica Biológicos para el quinquenio 2009-2014*. San José: SINAC.

Ulate, C. (2004). *Proceso Iniciativa Corredor Biológico Mesoamericano / Costa Rica en ACAHN*. San José, Costa Rica: MINAE. SINAC. ACAHN.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas*. (N. Dudley, Ed.) Recuperado el 19 de abril de 2014, de UICN: <https://portals.iucn.org/library/efiles/edocs/PAPS-016-Es.pdf>

Ureña, M., & Méndez, J. (2007). *Estudio de Amenazas Naturales y Antrópicas en la Cuenca del Río Pirrís*. Instituto Costarricense de Electricidad, Gestión Ambiental. San José: ICE. Recuperado el 12 de diciembre de 2014, de <http://www.cenat.ac.cr/CongresoGeoprocesamiento/contenidos/ponencias/murena.pdf>

Vega, B. (1976). *Análisis de la contaminación orgánica de los ríos Torres y María Aguilar*. Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil.