

Georreferenciación y composición florística de los afloramientos hídricos comprendidos en las  
cotas 1500 a 2000 m.s.n.m. del municipio de Málaga, Santander

Yahir Yefrey Castañeda Godoy, John Freddy López Vega

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Forestal

Director

Sandra Milena Díaz López

MSc en Manejo y Conservación de Bosques

Codirector

Jimmy Fernando Rodríguez Siza

Ingeniero Forestal

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Ingeniería Forestal

Málaga

2019

### **Dedicatoria**

Al Dios de la vida por poder encontrarme más en este camino y darme la fuerza necesaria para poder continuar en los momentos más difíciles en esta una meta cumplida.

A mis padres Ariosto Castañeda Merchán, y Nelly Godoy Casas, a mi hermana Natalia Castañeda Godoy y sobrina Maite Luciana Báez y demás familiares por ser mi apoyo y motivación incondicional en la superación de obstáculos presentados en mi vida y por hacer parte de mi formación personal y profesional.

***Yahir Yefrey Castañeda Godoy***

A mis padres Ana Hilda Vega, Gratiniano López y hermana Yenny Alexandra López por su apoyo brindado en la construcción de este proyecto profesional por sus consejos y motivación.

A mi Familia y amigos en especial a Laura Cristina Salamanca por a ver hecho la experiencia de la universidad fuera un gran parche.

***John Freddy López Vega***

### **Agradecimiento**

A nombre de los autores de este proyecto agradecemos a nuestra universidad por formarnos y a las personas que, con sus consejos, comentarios apoyo y sugerencias, lograron un gran aporte para la realización de este proyecto; para ellos los más sinceros y profundos agradecimientos.

A la Universidad Industrial de Santander, sede Málaga, por recibarnos y formarnos como ingenieros forestales.

Al cuerpo de docentes que guiaron y brindaron sus conocimientos para nuestra formación académica, profesional y personal.

A nuestra directora, Sandra Milena Díaz López por aceptar y dirigir nuestro proyecto.

Al ingeniero Jimmy Fernando Rodríguez Siza por su orientación para la elaboración del proyecto, dándonos recomendaciones esenciales y fundamentales de un buen investigador. Además, agradecerle de manera especial sus grandes aportes a nuestro conocimiento.

A nuestra profesora Judith Macías por sus oportunas y precisas opiniones, para el buen desarrollo de este proyecto.

A nuestros compañeros Julián David Camperos, James Castañeda Torres, Andrea Simbaqueba, Silvia Corzo León, Juliana del Mar Ortiz, Adriana Herrera, Cristian Álvarez, Laura Salamanca y el señor Roberto Tutira por su colaboración en el desarrollo de este proyecto.

**Tabla de Contenido**

|                                                                                | <b>Pág.</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Introducción .....                                                             | 16          |
| 1 Objetivos .....                                                              | 18          |
| 1.1 Objetivo General .....                                                     | 18          |
| 1.2 Objetivos Específicos.....                                                 | 18          |
| 2 Planteamiento del Problema .....                                             | 19          |
| 2.1 Definición del Problema. ....                                              | 19          |
| 2.2 Justificación. ....                                                        | 19          |
| 3 Marco Referencial.....                                                       | 20          |
| 3.1 Antecedentes. ....                                                         | 20          |
| 3.2 Generalidades del municipio de Málaga, Santander, en área de estudio. .... | 21          |
| 3.2.1 Ubicación. ....                                                          | 21          |
| 3.2.2 Clima.....                                                               | 22          |
| 3.2.3 Zonas de Vida. ....                                                      | 22          |
| 3.2.4 Estructura Ecológica Principal.....                                      | 23          |
| 3.2.5 Suelos.....                                                              | 23          |
| 3.2.6 Cobertura presente y uso actual del suelo.....                           | 23          |
| 3.2.7 Hidrología. ....                                                         | 24          |
| 3.2.8 Geología.....                                                            | 26          |
| 3.2.9 Geología Estructural. ....                                               | 30          |
| 3.2.10 Geomorfología. ....                                                     | 31          |
| 3.3 Marco Teórico.....                                                         | 32          |
| 3.3.1 Paisaje. ....                                                            | 32          |

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.2 La Cuenca Hidrográfica.....                                 | 32 |
| 3.3.3 Clasificación de los cursos de agua.....                    | 33 |
| 3.3.4 Zona de Vida.....                                           | 33 |
| 3.3.5 Coberturas de la Tierra.....                                | 34 |
| 3.3.6 Leyenda Nacional CORINE Land Cover.....                     | 34 |
| 3.3.7 Vegetación.....                                             | 34 |
| 3.3.8 Fitosociología.....                                         | 35 |
| 3.3.9 Recursos naturales.....                                     | 35 |
| 3.3.10 Recurso Agua.....                                          | 36 |
| 3.3.11 Sistemas de información geográfica.....                    | 36 |
| 3.3.12 Sistemas de coordenadas.....                               | 36 |
| 3.3.13 . Inventario forestal.....                                 | 37 |
| 3.3.14 Proteger las fuentes de agua y los recursos naturales..... | 37 |
| 3.3.15 Los bosques y la cantidad del agua.....                    | 38 |
| 3.3.16 Índice de Valor de Importancia.....                        | 38 |
| 3.3.17 Medidas de diversidad de especie.....                      | 38 |
| 3.3.18 Medición de Caudales.....                                  | 40 |
| 3.4 Marco Conceptual.....                                         | 41 |
| Caracterización Florística.....                                   | 41 |
| 3.5 Marco Legal.....                                              | 43 |
| 4 Diseño Metodológico.....                                        | 47 |
| 4.1 Tipo de Estudio.....                                          | 47 |
| 4.2 Área de estudio.....                                          | 47 |
| 4.3 Duración del Estudio.....                                     | 49 |
| 4.3.1 Etapa de preparación.....                                   | 49 |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2 Etapa de Campo. ....                                                                       | 50 |
| 4.3.3 Etapa de análisis de información. ....                                                     | 53 |
| 5 Resultados. ....                                                                               | 55 |
| 5.1 Georreferenciación de los afloramientos hídricos. ....                                       | 55 |
| 5.2 Identificación de Condiciones Biofísicas. ....                                               | 70 |
| 5.3 Índice de Valor de Importancia de especies vegetales en zona de estudio. ....                | 82 |
| 5.3.1 Índice de valor de importancia componente Fustal en zona de estudio. ....                  | 83 |
| 5.3.1 Índice de valor de importancia componente Latizal en zona de estudio. ....                 | 84 |
| 5.4 Cálculo de Índices de Diversidad de la vegetación presente en zona de estudio. ....          | 85 |
| 5.4.1 Cálculo de Índice de Diversidad de la vegetación por cotas. ....                           | 86 |
| 5.4.2 Relación entre la vegetación y Caudales en los Afloramientos Hídricos. ....                | 87 |
| 6 Análisis de Resultados ....                                                                    | 89 |
| 6.1 Análisis de Categorías Biofísicas en la zona de estudio. ....                                | 89 |
| 6.1.1 Unidad Geomorfológica de Paisaje. ....                                                     | 89 |
| 6.1.2 Microcuencas. ....                                                                         | 89 |
| 6.1.3 Geología. ....                                                                             | 90 |
| 6.1.4 Cobertura. ....                                                                            | 91 |
| 6.1.5 Estructura Ecológica Principal. ....                                                       | 91 |
| 6.2 Análisis de Índice Valor de Importancia en la zona de estudio. ....                          | 92 |
| 6.3 Análisis Índices de Diversidad de la vegetación presente en zona de estudio. ....            | 93 |
| 6.3.1 Índices de Riqueza Específica. ....                                                        | 93 |
| 6.3.2 Índice de Dominancia. ....                                                                 | 94 |
| 6.3.3 Índice de Equidad. ....                                                                    | 94 |
| 6.4 Análisis de Índices de Diversidad por variable altitudinal presente en zona de estudio. .... | 94 |
| 7 Discusión ....                                                                                 | 95 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 8 Conclusiones .....            | 96  |
| 9 Recomendaciones .....         | 97  |
| Referencias bibliográficas..... | 98  |
| Apéndices.....                  | 103 |

## Índice de Figuras

|                                                                                                | <b>Pág.</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1. Localización del área de estudio municipio de Málaga, Santander, Colombia.....       | 48          |
| Figura 2. Afloramientos hídricos georreferenciados Málaga, Santander, Colombia.....            | 57          |
| Figura 3. Afloramientos Hídricos en la vereda Calichal de Málaga, Santander, Colombia. ....    | 58          |
| Figura 4. Afloramientos hídricos en la vereda Barzal de Málaga, Santander, Colombia.....       | 60          |
| Figura 5. Afloramientos hídricos en la vereda Guásimo de Málaga, Santander, Colombia.....      | 62          |
| Figura 6. Afloramientos hídricos en la vereda Tierra Blanca de Málaga, Santander, Colombia. 64 |             |
| Figura 7. Histograma de índice de valor de importancia componente Fustal en zona de estudio.83 |             |
| Figura 8. Índice de valor de importancia componente Fustal en zona de estudio. ....            | 84          |

### Índice de Tablas

|                                                                                                 | <b>Pág.</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tabla 1. Clasificación de coberturas en área de estudio .....                                   | 24          |
| Tabla 2. Rangos de valores Índice de Simpson. ....                                              | 39          |
| Tabla 3. Rangos de valores índices de Margalef. ....                                            | 39          |
| Tabla 4. Rangos de valores Índice de Shanon – Wiener.....                                       | 40          |
| Tabla 5. Afloramientos hídricos comprendidos en las Veredas del área de estudio.....            | 56          |
| Tabla 6. Georreferenciación e información afloramientos hídricos vereda Calichal. ....          | 59          |
| Tabla 7. Georreferenciación e información afloramientos hídricos vereda Barzal. ....            | 61          |
| Tabla 8. Georreferenciación e información afloramientos hídricos vereda Guásimo. ....           | 63          |
| Tabla 9. Georreferenciación e información afloramientos hídricos vereda Tierra Blanca.....      | 65          |
| Tabla 10. Descripción estado actual afloramientos hídricos vereda Calichal .....                | 65          |
| Tabla 11. Descripción estado actual afloramientos hídricos vereda Barzal .....                  | 66          |
| Tabla 12. Descripción estado actual afloramientos hídricos vereda Guásimo .....                 | 68          |
| Tabla 13. Descripción estado actual afloramientos hídricos vereda Tierra Blanca.....            | 69          |
| Tabla 14. Descripción de condiciones biofísicas de afloramientos hídricos zona de estudio. .... | 71          |
| Tabla 15. Índice de diversidad de vegetación en todas las parcelas. ....                        | 86          |
| Tabla 16. Índices de diversidad de vegetación por parcelas entre cotas.....                     | 86          |
| Tabla 17. Relación entre número de individuos y su caudal .....                                 | 88          |

**Lista de Apéndices**

|                                                                                               | <b>Pág.</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Apéndice A. Mapa geomorfológico del área de estudio.....                                      | 103         |
| Apéndice B. Mapa de microcuencas presentes en el área de estudio. ....                        | 104         |
| Apéndice C. Mapa geológico del área de estudio.....                                           | 105         |
| Apéndice D. Mapa de coberturas del área de estudio 2018.....                                  | 106         |
| Apéndice E. Mapa de estructura ecológica. ....                                                | 107         |
| Apéndice F. Índices de diversidad de vegetación para todos los afloramientos encontrados. ... | 108         |
| Apéndice G. Índice de valor de importancia componente Fustal en zona de estudio. ....         | 111         |
| Apéndice H. Índice de valor del componente Latizal en la zona de estudio. ....                | 112         |
| Apéndice I. Nombre de especies encontradas en afloramientos.....                              | 113         |
| Apéndice J. Perfil de caudal para afloramiento AB1.....                                       | 117         |
| Apéndice K. Perfil de caudal para afloramiento AB3. ....                                      | 117         |
| Apéndice L. Perfil de caudal para afloramiento AB6.....                                       | 118         |
| Apéndice M. Perfil de caudal para afloramiento AB9.....                                       | 118         |
| Apéndice N. Perfil de caudal para afloramiento AC1. ....                                      | 119         |
| Apéndice O. Registro fotográfico de establecimiento de parcelas. ....                         | 120         |
| Apéndice P. Registro fotográfico medición de caudal.....                                      | 121         |
| Apéndice Q. Registro fotográfico de afloramientos hídricos vereda Calichal. ....              | 122         |
| Apéndice R. Registro fotográfico de afloramientos hídricos Barzal. ....                       | 123         |
| Apéndice S. Registro fotográfico de afloramientos hídricos vereda Guásimo.....                | 124         |
| Apéndice T. Registro fotográfico de afloramientos hídricos vereda Tierra Blanca. ....         | 125         |

**RESUMEN**

**TÍTULO:** GEOREFERENCIACIÓN Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LOS AFLORAMIENTOS HÍDRICOS COMPRENDIDOS EN LAS COTAS 1500 A 2000 M.S.N.M. DEL MUNICIPIO DE MÁLAGA, SANTANDER\*

**ÁUTOR:** YAHIR YEFREY CASTAÑEDA GODOY  
JOHN FREDDY LOPEZ VEGA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** GEOREFERENCIACIÓN, AFLORAMIENTO, DIVERSIDAD, CARACTERIZACIÓN, AGUA,

**DESCRIPCIÓN:**

El estudio se llevó a cabo en convenio con la alcaldía del municipio, el cual tuvo como objeto realizar la georreferenciación y determinación de la diversidad florística de los afloramientos hídricos comprendidos en las veredas de la parte baja del municipio, en las veredas Calichal, Guásimo, Barzal y Tierra Blanca entre las cotas 2500 a 1500 m.s.n.m. La administración del municipio tuvo como principal propósito actualizar y recopilar información de la ubicación y descripción del estado actual de los afloramientos hídricos. Para el desarrollo apropiado del estudio se implementó una metodología analítico-descriptiva ejecutada en tres etapas, en la primera se recopiló y consultó información secundaria, en la segunda, se realizó la recolección de los datos en campo y en la tercera se procesó y analizó la información. Adicionalmente a la diversidad florística y georreferenciación de los afloramientos hídricos, se obtuvo información acerca del estado actual y caudal aportado por los cauces. En el área de estudio se georreferenciaron en total 35 afloramientos hídricos, 17 con establecimiento de parcelas y 26 con caudal distribuidos en 4 veredas, se elaboraron mapas temáticos en forma general e individual. En base a la información adquirida y su respectivo análisis, se generaron recomendaciones y estrategias que buscan dar una recuperación, protección y conservación de los afloramientos hídricos.

---

\*Trabajo de grado

\*\* Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Ingeniería Forestal.  
Directora: Sandra Milena Díaz López, MSc en Manejo y Conservación de Bosques.

**ABSTRACT**

**TITLE:** GEORREFERENCING AND FLORISTIC COMPOSITION OF THE WATER OUTCROP UNDERSTANDING IN THE COTAS 1500 TO 2000 M.S.N.M. OF THE MUNICIPALITY OF MÁLAGA, SANTANDER\*

**AUTHOR:** YAHIR YEFREY CASTAÑEDA GODOY  
JOHN FREDDY LOPEZ VEGA\*\*

**KEYWORDS:** GEOREFERENCING, OUTCROP, DIVERSITY, CHARACTERIZATION, WATER

**DESCRIPTION:**

The current work was carried out in an agreement with the municipal government of Malaga Santander, which aimed to perform the floristic characterization and georeferencing of the water outcrops included in the paths of the lower part of the municipality in the villages of Calichal, Guasimo, Barzal and Tierra Blanca between the heights 2500 to 1500 m.s.n.m. The main purpose of the municipality's administration was to update and collect information on the location and description of the current state of water outcrops. For the appropriate development of the study, a descriptive analytical methodology was implemented in three stages, in the first one secondary information was collected and consulted, in the second, the data was collected in the field and in the third, the information was processed and analyzed. In addition to the floristic characterization and georeferencing of the water outcrops, information was obtained about the current status and flow contributed by the channels. In the study area, a total of 35 water outcrops distributed in 4 lanes were georeferenced, thematic maps were prepared in a general and individual way.

Based on the information acquired and their respective analysis, recommendations and strategies were generated that seek to provide a recovery, conservation protection of water outcrops.

---

\*Bachelor Thesis

\*\* Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Ingeniería Forestal.  
Directora: Sandra Milena Díaz López, MSc en Manejo y Conservación de Bosques.

### **Introducción**

La identificación de la cobertura vegetal asociada a los afloramientos hídricos con características geológicas, diversidad florística, con enumeración, georreferenciación y diagnóstico de estado actual en la parte baja del municipio de Málaga (Santander), específicamente en el área comprendida entre los 1500 a 2000 m.s.n.m. en las veredas Calichal, Barzal, Guásimo y Tierra Blanca, aporta a la recopilación de la información del recurso hídrico, que se utiliza diariamente en las actividades antrópicas. Este estudio de reconocimiento se realizó como parte de un convenio firmado con la alcaldía del municipio de Málaga y estudiantes de la Universidad Industrial de Santander, Sede Málaga, del programa de Ingeniería Forestal, mediante la guía de investigación empresarial, en la modalidad de práctica empresarial como opción para optar al título de Ingeniero Forestal contribuyendo al Plan de Desarrollo en su programa “Con nuestra gente, un mejor medio ambiente” llevado a cabo por la administración actual.

Los datos fueron tomados mediante instrumentos y métodos para la adquisición de información primaria y secundaria, desarrollándose en tres etapas. La primera hizo referencia a la planeación y desarrollo de actividades, con información secundaria del área de estudio. La segunda fue con el trabajo en campo y recolección de información primaria. La tercera con el procesamiento de datos y análisis de la información recopilada. Se tuvo la colaboración de los líderes comunitarios y propietarios de terrenos, con aportes de información acerca de la localización de los afloramientos, en mayor proporción mediante identificación visual y aplicación de la metodología RAP (Gentry, 1982), adaptada para la medición de vegetación asociada a afloramientos de agua, se obtuvieron datos para la diversidad florística. En contraste, con la información primaria y secundaria, obtenida

mediante el componente software del SIG, se formularon recomendaciones para la recuperación, restauración y conservación de los afloramientos encontrados.

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Realizar la georreferenciación y determinar la diversidad florística de los afloramientos hídricos comprendidos en las veredas de la parte baja del municipio de Málaga, Santander, Colombia.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Georreferenciar y describir las condiciones de sitio de los afloramientos hídricos localizados entre las cotas 1500 a 2000 m.s.n.m.

Implementar sistemas de información geográfica para la identificación de unidades de paisaje de los afloramientos hídricos.

Caracterizar la diversidad florística en cada afloramiento de la zona de influencia.

## **2 Planteamiento del Problema**

### **2.1 Definición del Problema.**

El recurso hídrico vital para el desarrollo de las diferentes actividades, de los servicios básicos en la parte baja del sector rural del municipio de Málaga, Santander, es abastecido por una cantidad indeterminada de afloramientos de agua, que se originan, en las áreas boscosas de la vereda que componen esta zona, con algunos conocidos y en su mayoría no georreferenciados. Así mismo, se posee poca información de la diversidad florística y de sus áreas, para identificación, protección y conservación, como áreas de importancia ecológica (Alcaldía Municipal de Málaga, 2015). Con el cambio climático los fenómenos de variabilidad del clima como La Niña, se intensifican en periodos más largos afectando el abastecimiento del recurso hídrico del municipio o el desbordamiento de cauces naturales con el fenómeno de El Niño, sumado a esto los usos inadecuados y la degradación de los ecosistemas (Alarcón J, 2017), ponen en evidencia el riesgo que genera el desconocimiento de la localización de los afloramientos. Además, esta zona en particular está expuesta, a la contaminación del recurso por la acumulación de aguas residuales, que se vierten en la parte alta y media.

### **2.2 Justificación.**

En el municipio de Málaga, Santander, por falta de programas de concesión, tanto en zona urbana y rural, es de vital importancia tener identificados los cuerpos hídricos tales como nacimientos, quebradas, ríos y otros. Es relevante, tener conocimiento acerca de la ubicación exacta de las

rondas hídricas con las que se cuenta, saber su caudal y diversidad florística. A partir de ello, poder realizar un monitoreo, y dar un manejo óptimo del recurso por las entidades competentes, para garantizar al municipio la disponibilidad de este. Es por esto que dentro del plan de desarrollo municipal 2016-2019 del municipio de Málaga, “Con nuestra gente y por sus derechos “, se plantea recopilar información acerca de las bocatomas o captaciones presentes en el municipio con fines de promover y desarrollar proyectos con tendencia a la sostenibilidad y mejor uso del recurso hídrico.

Con la proyección de un mejor ordenamiento territorial del municipio, se articula el EOT al PDM, de cada administración correspondiente, con la figura del expediente municipal, como sistema de seguimiento y evaluación al EOT, este instrumento de planeación a largo plazo, sirve como base de datos para el desarrollo de concesiones de agua e implementación del POMCA en la cuenca del servita.

### **3 Marco Referencial**

#### **3.1 Antecedentes.**

Las alcaldías de los municipios comprendidos por la provincia de García Rovira, Universidad Industrial de Santander y entidades como la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), CENSAT Agua Viva, han venido desarrollando planes de manejo ambiental en los bosques andinos de sus territorios.

Los estudiantes del programa de Ingeniería Forestal de la Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, en los últimos años han venido desarrollando trabajos de grado relacionados con el

estudio de afloramientos hídricos, como lo es el trabajo nombrado “Caracterización y ubicación de los afloramientos de agua en la parte alta del municipio de Málaga” (Barrera, 2003), también el trabajo titulado “Caracterización y ubicación de los afloramientos de agua en la parte media baja del municipio de Málaga”(Camargo, 2005), así como también el trabajo titulado “Evaluación del estado actual y caracterización de las zonas de recarga del municipio de San José de Miranda departamento de Santander, Colombia”(Herrera, 2017), también el trabajo llamado “Caracterización y georreferenciación de afloramientos hídricos comprendidos en la parte alta del municipio de Málaga, Santander, Colombia”(Cárdenas y Herrera, 2018), y el trabajo llamado “Caracterización y georreferenciación de los afloramientos hídricos comprendidos en las veredas de la parte media del municipio de Málaga, Santander, Colombia”(Sierra y Veloza, 2019). En los anteriores estudios, se plasma información acerca de la localización geográfica, estado actual, flora y fauna asociada a los afloramientos de agua comprendidos en las áreas de estudio.

### **3.2 Generalidades del municipio de Málaga, Santander, en área de estudio.**

**3.2.1 Ubicación.** Geográficamente el municipio comparte linderos mediante accidentes geográficos (ríos, quebradas, filos, divisorias de aguas) o límites prediales con cuatro municipios de la Provincia de García Rovira. Por el Oriente con el municipio de Enciso y por el occidente con los municipios de Molagavita y San Andrés, por el norte con el municipio de Concepción y en el sur con el municipio de San José de Miranda.

El municipio tiene un área aproximada de 5.800 ha donde el 4,87% de los cuales 282 ha pertenecen al sector urbano y el 95,13% de los cuales 5.517 ha corresponde al sector rural, este se encuentra a una altura de 1450 y 3550 m.s.n.m. (Gobierno Digital, 2018).

**3.2.2 Clima.** La temperatura promedio es de 12°C y la precipitación anual de 1.400 mm, en los últimos 20 años según Alcaldía Municipal de Málaga (2003), se conocen dos periodos de lluvias los cuales están entre los meses de Abril a Mayo y Septiembre a Noviembre. En el municipio se registra un promedio de 68% de humedad relativa media mensual.

**3.2.3 Zonas de Vida.** Según Cárdenas y Herrera (2018), se cuenta con cuatro zonas de vida, que corresponden a:

**3.2.3.1 Bosque Húmedo Premontano (bh-PM).** Está ubicada en la zona oriental desde los 1445 hasta 2000 m.s.n.m. aproximadamente, más exactamente en las veredas Guásimo, Tierra Blanca, Barzal y Calichal.

**3.2.3.2 Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB).** Está ubicada en la zona centro oriental, aproximadamente entre los 2000 a 2500 m.s.n.m. más exactamente en la parte baja de las veredas San Luis, Buenavista, Pescaderito, Pescadero y la parte alta de la vereda Calichal.

**3.2.3.3 Bosque Húmedo Montano (bmh-M).** Está ubicada en la parte centro-occidente hasta llegar a los 3000 m.s.n.m. cubre las veredas de San Luis, la parte central de las veredas Buenavista, Pescaderito, Pescadero y la parte oriental de Pantano Grande.

**3.2.3.4 Páramo Subalpino (p-SA).** Está ubicada en la región occidental del municipio, por encima de los 3000 m.s.n.m.

**3.2.4 Estructura Ecológica Principal.** El municipio maneja áreas que constituyen un conjunto de elementos bióticos, abióticos esenciales en los procesos ecológicos del territorio, cuya finalidad es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, como soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones (Alcaldía Municipal de Málaga, 2015). En la zona de estudio se encuentran las siguientes áreas:

- Microcuencas y Áreas abastecedoras de acueductos (AAA), 1,8 (ha).
- Áreas periféricas a nacimientos de agua y áreas forestales protectoras de cursos de agua (ANRH), 108,4 (ha).
- Áreas de Bosques Protectores (BTP), 151,7 (ha).

**3.2.5 Suelos.** Los suelos encontrados presentan texturas franco-arcillosas, franco arenosas, arcillosas, francos y arcillo arenosas, aunque la textura franco arenosa se presenta en mayor proporción a las demás texturas (Gobierno Digital, 2018). Adaptado según Alcaldía Municipal de Málaga (2015), las clases y subclases agrologicas, en el área de influencia son seis tipos entre las cuales se encuentran la clase Suelo IIIs, con 41,18 ha, Suelo clase VIp con 16,28 ha, Suelo clase IVpe con 276,32 ha, Suelo clase VIpe con 314,23 ha, Suelo clase VIps con 248,15 ha, Suelo clase VIpe con 146,77 ha.

**3.2.6 Cobertura presente y uso actual del suelo.** el municipio posee en su territorio tres tipos de cobertura, Cobertura según la leyenda nacional de clasificación de cobertura CORINE land cover (Ardila y García, 2010), ver en tabla 1.

Tabla 1.

*Clasificación de coberturas en área de estudio*

| <b>Categoría</b>                     | <b>Nivel</b>                                     | <b>Área (ha)</b> | <b>Nomenclatura</b> |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------|---------------------|
| <b>Territorios Artificializados</b>  | Red vial y territorios asociados                 | 1,85             | 1.2.2.1             |
|                                      | Zona de extracción minera                        | 4,00             | 1.3.1               |
| <b>Territorios Agrícolas</b>         | Pastos limpios                                   | 14,70            | 2.3.1               |
|                                      | Pastos enmalezados                               | 0,71             | 2.3.3               |
|                                      | Mosaico de pastos y cultivos                     | 664,64           | 2.4.2               |
|                                      | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | 155,37           | 2.4.3               |
|                                      | Bosque de ripario                                | 183,09           | 3.1.4               |
| <b>Bosques y Áreas Seminaturales</b> | Arbustal denso                                   | 32,10            | 3.2.2.1             |
|                                      | Arbustal abierto                                 | 4,12             | 3.2.2.2             |
|                                      | Vegetación secundario alta                       | 13,54            | 3.2.3.1             |
|                                      | Herbazal denso de tierra firme arbolado          | 5,45             | 3.2.1.1.1.1         |
|                                      | Herbazal denso de tierra firme con arbustos      | 4,86             | 3.2.1.1.1.3         |

En la Tabla 1 se observó información proporcionada, mediante la combinación de bandas de imágenes satelitales (Spot).

**3.2.7 Hidrología.** Según Alcaldía Municipal de Málaga (2003), el municipio cuenta con una red hídrica perteneciente a la Subcuenca del Río Servitá, el cual fluye en dirección norte - sur y recibe los aportes de varias quebradas que fluyen en dirección Sureste.

La mediana pluviosidad del municipio permite que todos los drenajes que conforman la red hídrica tengan flujos constantes e intermitentes. Dentro del área municipal la subcuenca es alimentada por todos los drenajes que atraviesan el municipio de occidente a oriente, los cuales forman tres microcuencas y cuatro drenajes directos al Río Servitá.

**3.2.7.1 Microcuenca de la Quebrada el Término (MQT).** Nace en el extremo norte de la Vereda Pantano Grande a 3400 m.s.n.m., desciende con rumbo suroriente hasta su desembocadura en el Río Servitá a 1800 m.s.n.m., al norte de la vereda Calichal.

A lo largo de su recorrido abarca una longitud de 7,3 (Km); la microcuenca ocupa una extensión de 1069,78 (ha) que corresponden a un 18,77% del territorio del municipio. Los principales afluentes de la Quebrada El Término son la Quebrada Las Flores y Colorada y la cañada Potreritos, las cuales tienen dirección Oeste- Este; la Quebrada El Término constituye el límite natural entre los municipios de Málaga y Concepción.

**3.2.7.2 Microcuenca de la Quebrada Agua Blanca (MQA).** Está Quebrada nace al noroccidente de la vereda Pescadero a una altura de 3020 m.s.n.m. y desemboca en el Río Servitá a 1700 m.s.n.m. Presenta un área de drenaje de 2338,90 (ha), a lo largo de su recorrido la quebrada tiene una longitud de 6,8 (Km).

Sus principales afluentes son la Quebrada Seca y la cañada Pantano Hondo, recorriendo territorios de las veredas Pescaderito, Pescadero, Buenavista, Barzal, siendo límite veredal entre ésta última y la vereda Calichal. El uso principal del agua es para uso doméstico, agricultura y ganadería.

**3.2.7.3 Microcuenca de la Quebrada la Magnolia (MQM).** Se forma de la unión de las Quebrada La Magnolia y La Seca, ambas quebradas nacen al occidente del municipio, a 3000 m.s.n.m en las veredas Buenavista y San Luis, respectivamente.

La Magnolia corre en dirección Sureste y La Seca en dirección Oeste – Este, uniéndose en territorio del casco urbano sobre los 2170 m.s.n.m., la quebrada continua con dirección al oriente

hasta el Río Servitá, donde desemboca a 1550 m.s.n.m. La quebrada La Magnolia atraviesa el sector sur del casco urbano, donde recibe el nombre de quebrada Chorrerón o Malagueña, uniéndose a la quebrada Seca en la margen izquierda de la vía a Capitanejo (carrera 6B). La microcuenca tiene una extensión de 1345,67 (ha) que ocupan un 23,66% del territorio municipal, abarcando tierras de las veredas Buenavista, San Luis, Guásimo (sector Guásimo bajo y pequeño sector de Guásimo), Pescaderito (pequeñas áreas de los sectores Pescaderito y Pantano Hondo) y el casco urbano; la microcuenca abastece los acueductos veredales de Agua Fría, Morario y Las Flores; tiene un patrón de drenaje lineal-sub-paralelo.

**3.2.7.4 Drenajes Directos (D).** Existen cuatro drenajes directos al Río Servitá, que son pequeñas cañadas (Ojo de Agua y Hierbabuena) y pequeño sector de las Quebradas El Espinal y Chorrerón o Malagueña, localizados en territorios de las Veredas Tierra Blanca, Barzal, Guásimo (sector Tablón), Calichal, los cuales corren en dirección Oeste - Este y ocupan una superficie de 944,55 (ha), es decir un 16,57% del territorio municipal.

**3.2.8 Geología.** Según la Alcaldía Municipal de Málaga (2003), el área municipal presenta unidades litológicas sedimentarias correspondientes al periodo Jurásico (Formación Girón), periodo cretáceo inferior y superior, siendo formaciones con nomenclatura de la cuenca de Maracaibo, como son Formación Rionegro, Tibú-Mercedes, Aguardiente, Capacho y La Luna; una unidad litológica del periodo Terciario (Formación Carbonera) y depósitos cuaternarios de origen aluvial y de Derrubio. También se encuentran depósitos de terraza, coluviales y aluviales de poca extensión que se encuentra en contacto discordante con las formaciones cretáceas.

**3.2.8.1 Formación Ríonegro (Kirn).** La unidad aflora en territorio de las Veredas San Luis, Buenavista, Pescaderito, Pescadero, Guásimo y Barzal, conformado un relieve quebrado; cubre un área de 1657,47 (ha) que representan un 29,08% del área del municipio.

La unidad está compuesta por un conjunto muy variable de lutitas oscuras, físis, laminadas, intercaladas con grandes bancos de areniscas cuarcíticas claras de grano fino y algunos conglomerados, con un alto grado de fracturación.

**3.2.8.2 Formación Tibú y Mercedes (Kitm).** La unidad aflora en la mayor parte del municipio, en territorio de las Veredas San Luis, Buenavista, Pescaderito, Pescadero, Guásimo, Barzal, Calichal, pequeño sector de Tierra Blanca y todo el casco urbano, conformado un relieve quebrado a ondulado; cubre un área de 3.292,38 (ha) que representan un 56,50% del área del municipio.

La Unidad es la unión de dos formaciones, Tibú y Mercedes, la Formación Tibú consta en la base de areniscas negras de grano grueso y el techo son grandes bancos de calizas grises fosilíferas intercaladas con delgados niveles de lutitas negras y areniscas de grano fino, micáceas y ferruginosas; un espeso paquete de lutitas negras físis es el contacto neto con formable entre la Formación Tibú y la Formación Mercedes. La Formación Mercedes es una intercalación de calizas grises fosilíferas, a veces arenosas, con lutitas oscuras a negras, micáceas y carbonosas, con areniscas grises a blancas de grano fino a medio, cuarcíticas localmente calcáreas.

**3.2.8.3 Formación Capacho (Ksc).** Esta unidad aflora en el extremo nororiental del municipio, sobre la vía Málaga – Concepción, en territorio de la vereda Calichal, en los sectores Bucarache y Calichal, constituyendo un relieve fuertemente quebrado; cubre un área de 92,59 (ha) que representan un 1,62% del área del municipio. La Formación está constituida por una serie de lutitas negras con intercalaciones arenosas hacia la base y bancos de calizas fosilíferas con delgados niveles de calizas fibrosas y de calizas con estructuras.

**3.2.8.4 Formación La Luna (Ksl).** Esta formación aflora en una pequeña área sobre las márgenes de la vía Málaga – Concepción, en territorio de la vereda Calichal, en los sectores Bucarache y Calichal, generando una topografía fuertemente quebrada; cubre un área de 88,13 (ha) que representan un 1,55% del área del municipio.

La formación está constituida por lutitas negras en la base, con intercalaciones calcáreas arenosas, con delgadas capas arenáceas, fosfáticas y niveles delgados de chert; esta parte basal presenta nódulos calcáreos de diámetros entre 0,5 y 2 (m), que al romperlos dan fuerte olor a petróleo y en ocasiones presentan en su núcleo amonitas. El techo es una intercalación de delgadas capas de chert negro con arcillas negras laminadas muy delgadas y bancos calcáreos hasta de 1(m); esporádicamente hay nódulos calcáreos y algunos bancos fosfáticos delgados.

**3.2.8.5 Formación Carbonera (Tec).** Está unidad del periodo Terciario aflora en el sector Suroriental del municipio, en territorio de la Vereda Tierra Blanca, conformando un relieve muy quebrado; cubre un área de 72,27 (ha) que representan un 1,27% del área del municipio.

La formación se presenta una secuencia de arcillas vari coloreadas con esporádicos bancos de arenisca de grano fino, algo sucias, con estratificación cruzada y lentes carbonosos.

**3.2.8.6 Depósitos de Terraza (Qt<sub>f</sub>).** Es una pequeña área con pendiente suavemente inclinada, localizada al nororiente del municipio en territorio de la vereda Calichal (sector Calichal); cubre un área de 30,52 (ha) que representan un 0,53% del área del municipio. Es una terraza pequeña moderna formada en la confluencia de la Quebrada El Término con el Río Servitá, está constituida por delgados niveles gravosos y arenosos embebidos en una matriz arcillosa oscura. Estos depósitos se caracterizan por presentar buenos suelos donde la actividad pecuaria se desarrolla adecuadamente.

**3.2.8.7 Depósitos Coluviales (Qc).** En el área se reconocen tres depósitos, uno al occidente del municipio, sobre los 3200 m.s.n.m, en territorio de la vereda Pescaderito; otro al sur del municipio, sobre la margen izquierda de la Quebrada El espinal, en territorio de la Vereda Tierra Blanca y el tercero ubicado al norte de la Vereda Pantano Grande, en límites con la Vereda Pescadero, entre los afluentes de la Quebrada El Término. Estos depósitos cubren un área de 297,92 (ha) correspondientes a un 5,23% del territorio municipal.

**3.2.8.8 Depósitos Aluviales (Qal).** En el municipio se presenta uno de dimensiones pequeñas sobre la margen derecha del Río Servitá (aguas abajo) en la Vereda Barzal, dando una topografía plana, suavemente empinada a plana, están constituidos por niveles gravosos, arenosos y lodosos que contienen cantos y gravas de diferente tamaño depositados por los cambios de velocidad y arrastre del río.

**3.2.9 Geología Estructural.** Según Alcaldía Municipal de Málaga (2003), los eventos tectónicos se manifiestan principalmente en fracturamientos y plegamientos, que estructuras sinclinales y anticlinales; la principal fractura la constituye la Falla del Río Servitá, en el límite oriental del municipio y dentro del territorio se presentan varias fallas paralelas y transversales a la del Servitá Falla del Servitá.

**3.2.9.1 Falla El Término.** Es una falla inversa con dirección Norte - Este, se intersecta con la Falla del Río Servitá, levanta la base (bloque izquierdo), su plano de falla sigue el valle encajonado de la Quebrada El Término.

**3.2.9.2 Falla Calichal.** Fractura con dirección Este-Oeste intersectada por las fallas del Río Servitá y la Falla de Málaga, vuelve a continuarse en la parte alta del municipio, al Oeste. Es de tipo inverso de bajo ángulo donde el bloque derecho (territorio Veredas Calichal y Pescadero) está levantado.

**3.2.9.3 Falla Agua Blanca.** Fractura con dirección Norte-Este, su plano sigue el curso de la Quebrada Agua Blanca hasta encontrarse con la Falla del Río Servitá, es interceptada por la Falla Calichal.

**3.2.9.4 Falla Guásimo.** Tiene dirección Norte-Este, el bloque izquierdo (territorio por encima de la cota 1800) se encuentra levantado, se intercepta con la falla del Río Servita.

**3.2.10 Geomorfología.** Teniendo en cuenta los procesos Morfodinámicos que intervienen en su origen y modelación, la Morfometría en el área Municipal posee pendientes más bajas, que están en un Rango de 3-7% y las más altas son mayores a 37° (75%), no se encuentran pendientes en el Rango 0-3%, es decir completamente planas a ligeramente planas. En municipio presenta Geoformas Denudacionales, de origen Estructural Denudacional y origen Fluvial (Alcaldía Municipal de Málaga, 2003).

**3.2.10.1 Colinas y Montañas Denudacionales (D3).** Esta Geoforma se localiza en la vereda Calichal (sector Agua Blanca), Barzal, Guásimo (sector Tablón y Guásimo bajo) y Tierra Blanca (márgenes de la Quebrada El Espinal); cubriendo un área de 822,19 (ha) que corresponden a un 14,42% del territorio municipal.

**3.2.10.2 Cuestas (S6).** Se sitúa en las veredas de Calichal (entre los tres sectores de la vereda, sobre vía a Concepción), Pantano Grande (sector Alisal y Pantano Grande, sobre cañada Las Flores, Potreritos y Colorada), el casco urbano se ubica sobre esta geoforma. Tiene una extensión de 932,72 (ha) que corresponden al 16,36% del territorio municipal.

**3.2.10.3 Crestón (S7).** Esta Geoforma ocupa la cuchilla de la margen derecha de la Quebrada El Término, situada entre las veredas Pescadero (sobre la Quebrada La Colorada y sitio e Chirimoyo), Calichal (sectores Bucareche – Calicha, sobre vía a Concepción), cubriendo un área de 435,26 (ha) que representan el 7,64% del área total del municipio.

**3.2.10.4 Domos y Colinas Residuales (S10).** Se ubica en las Veredas Pescaderito (sector Pantano Hondo), Buenavista, Pescadero, entre Pescadero y Calichal en (sector Calichal y Agua Blanca), entre Guásimo y Tierra Blanca; ocupa una extensión de 517,40 (ha), que corresponden al 9,08% del territorio municipal.

**3.2.10.5 Terrazas Fluviales (F6).** En el Municipio se presentan una terraza depositadas al lado derecho del Río Servitá y de la Quebrada El Término, en la vereda Calichal, desde la unión de la quebrada con el Río. Esta terraza tiene una extensión de 33,60 (ha), que cubren un 0,59% del territorio municipal.

### **3.3 Marco Teórico.**

**3.3.1 Paisaje.** El paisaje Geomorfológico es definido como una amplia porción de terreno que corresponde a una repetición de uno o varios tipos de relieve genéticamente relacionados o a una repetición de varios tipos de relieve de diferente génesis.

**3.3.2 La Cuenca Hidrográfica.** Una cuenca hidrográfica es una unidad morfológica integral, que se define en un territorio donde las aguas superficiales convergen hacia un cauce o unidad natural delimitada por la existencia de la divisoria de las aguas, las cuales fluyen al mar a través de una red de cauces principales.

En una cuenca hidrológica, además se incluye toda la estructura hidrológica subterránea del acuífero como un todo, conformando un sistema integral, constituyendo un conjunto de componentes que están conectados e interactúan formando una unidad. La estabilidad y

permanencia de todos sus componentes estructurales son propiedades y formas de comportamientos del sistema (Gaspari, Rodríguez, Senisterra, Delgado, y Besteiro, 2013).

**3.3.3 Clasificación de los cursos de agua.** Según Londoño (2001), la constancia de la escorrentía, los cursos de agua se pueden clasificar:

**3.3.3.1 *Perennes:*** Corrientes con agua todo el tiempo, el nivel de agua subterránea (nivel freático).

**3.3.3.2 *Intermitentes.*** Corrientes que escurren en estaciones de lluvia y se secan durante el verano, el nivel de agua subterránea se conserva por encima del nivel del lecho del río solo en la estación lluviosa. En verano el escurrimiento cesa, u ocurre solamente durante o inmediatamente después de las lluvias.

**3.3.3.3 *Efímeros.*** Existen apenas durante o inmediatamente después de los periodos de precipitación, y solo transportan escurrimiento superficial, el nivel de agua subterránea se encuentra siempre debajo del nivel inferior del lecho de la corriente; no hay, por lo tanto, posibilidad de escurrimiento subterráneo.

**3.3.4 Zona de Vida.** Las zonas de vida se definen, como un conjunto de asociaciones relacionadas entre sí por unos factores climáticos como lo son la temperatura, precipitación y humedad (Holdridge, 1987).

**3.3.5 Coberturas de la Tierra.** Según Di Gregorio, (2005) la cobertura de la tierra, es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la tierra en un término amplio no solamente describe la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino que también describen otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua (IDEAM, 2014).

**3.3.6 Leyenda Nacional CORINE Land Cover.** La Leyenda Nacional, hace referencia al sistema de clasificación empleado para la representación de las distintas unidades de Cobertura de la Tierra interpretadas y mapificadas. Esta leyenda surge de una adaptación inicial de la Leyenda CORINE Land Cover - CLC original propuesta para Europa y que a pesar de haber sido modificada conserva los niveles 1 y 2 del sistema original CORINE; luego de realizar las pruebas piloto del proyecto en Colombia, se constituyó la Leyenda y fue implementada en el estudio de las coberturas terrestres de la Cuenca Magdalena Cauca, posteriormente esta leyenda fue ajustada y ampliada a otras clases presentes en el país, este proceso de ajuste fue llevado a cabo por un equipo de profesionales expertos pertenecientes a instituciones de orden Nacional (IDEAM, IGAC, UAESPNN, SINCHI) que de forma conjunta consolidan este proceso y el IDEAM publica la leyenda CLC Colombia, en el año 2010 (IDEAM, 2014).

**3.3.7 Vegetación.** La vegetación es un recurso natural que se ha venido estudiando durante muchos años, dando como resultado dos postulados sobre si se relaciona o no en un todo llamado comunidad y relación que tiene esta con el medio ambiente que la rodea.

La primera trata a la vegetación como a una comunidad con relaciones entre especies en un medio físico determinado con equilibrio entre las especies llamado la “comunidad como

organismo” (Cantillo, Rodríguez, y Avella, 2004); La segunda hipótesis muestra a la planta como un ser independiente con propiedades fisiológicas definidas, encontrándose un equilibrio con el medio ambiente. A esta hipótesis se le conoce como “la hipótesis individualista” (Cantillo *et al.*, 2004).

**3.3.8 Fitosociología.** Es el área que se encarga de estudiar el comportamiento de las plantas en el medio en que esta se desarrolla, así como también las interrelaciones y su funcionamiento fisiológico (Cantillo *et al.*, 2004). Las comunidades vegetales se desarrollan y reproducen en determinados ambientes, en estas hay una interacción con la fauna, el agua los nutrientes y el suelo entre otros, la subordinación de alguno de los factores antes mencionados hace que se produzcan las llamadas asociaciones vegetales. Las asociaciones son comunidades vegetales propias en un ambiente con características fisiológicas que son determinadas por diferentes factores como el climático, edáfico y ecológico del ambiente que las rodea (Cantillo *et al.*, 2004).

**3.3.9 Recursos naturales.** Son todos aquellos bienes materiales que nos proporciona el medio ambiente que nos rodea, los cuales son aprovechados por el hombre para mejorar su calidad de vida, tales como: el agua, suelo, vegetación, los minerales y fauna (Owen, 2008). Los recursos naturales se clasifican en recursos renovables, inagotables y no renovables entre los renovables están la vegetación y la fauna, entre los inagotables están el aire y el agua compuestos elementales, los no renovables son todos aquellos minerales, el gas natural y el petróleo que a pesar de ser bien optimizados estos pueden llegar a agotarse.

**3.3.10 Recurso Agua.** El agua es un recurso natural inagotable de vital importancia para la vida del ser humano, el agua atraviesa ciclo llamado ciclo hidrológico el cual garantiza que este recurso no llegue a agotarse. El agua es un recurso patrimonial de cada una de las comunidades, municipios, departamentos y estados. Es un bien de uso público y su administración debe ser garantizada en aspectos como cantidad, calidad, garantizando el desarrollo y bienestar de la comunidad. Es deber de los entes competentes administrativos y del ser humano conservar el medio garantizado adecuada utilización, sostenibilidad, conservación del recurso agua (Mendoza, 2008).

**3.3.11 Sistemas de información geográfica.** Según Carmona y Monsalve (2004) el sistema de información geográfica está conformado por tres pilares fundamentales los cuales son hardware, software y procedimientos. Los cuales han sido diseñados para la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y traficación de datos u objetos referenciados espacialmente, y al ser aplicados llegar a su finalidad de solucionar una serie de problemas.

**3.3.12 Sistemas de coordenadas.** Según Carmona y Monsalve (2004) un sistema de coordenadas geográficas es aquel sistema de referencia usado para localizar y medir elementos geográficos.

**3.3.13 . Inventario forestal.** El inventario es una herramienta implementada para facilitar la medición de la diversidad florística de un sitio (Noss, 1990), una definición más completa es el reconocimiento, catalogación, ordenamiento, cuantificación y mapeo de entidades naturales como, individuos, especies, poblaciones, comunidades (Álvarez *et al.*, 2004).

**3.3.13.1 Tipos de inventarios.** Según literatura clásica los inventarios pueden clasificarse según su método estadístico y así como también el objetivo que persigue (Vílchez, 2002). Los inventarios según su método estadístico pueden ser inventarios al 100% y muestreo al azar (estratificado y sin estratificar), muestreo sistemático (estratificado y sin estratificar). Los inventarios según el objetivo que persiguen pueden ser: inventario exploratorio, inventario para manejo de bosques naturales, inventario para aprovechamiento forestal, inventario para manejo de plantaciones.

**3.3.14 Proteger las fuentes de agua y los recursos naturales.** El agua se considera como un recurso vital y su escasez causa problemas directos en la salud de las familias y disminución de la calidad de vida; así como también afecta a la sociedad en conjunto generando consecuencias como migración y conflictos sociales (Saavedra, 2009).

Las acciones para la protección y conservación de las fuentes de agua son:

- a) Prácticas en el área de captación de la fuente con el propósito de aumentar la filtración del agua en el suelo y recargar los acuíferos.
- b) Prácticas en la fuente de agua con el objetivo de mejorar la captación y almacenamiento de agua y eliminar la contaminación local.

**3.3.15 Los bosques y la cantidad del agua.** El ecosistema forestal, con su flora y su fauna, es un protector importante del agua, pero también proporciona muchos beneficios a los seres vivos, así como un alto grado de control de la erosión y reducción del peligro de taludes. Cuando se elimina la cubierta vegetal se genera un aumento en el caudal fluvial, debido principalmente a que se disminuye la evapotranspiración de los árboles. La cubierta vegetal es la encargada de la regulación y suministro constante del agua en los afloramientos hídricos (Hamilton y King, 1983).

**3.3.16 Índice de Valor de Importancia.** Según Melo y Vargas (2003), este índice, es utilizado en estudios descriptivos y cuantitativos de la estructura del bosque, permite contrastar el peso ecológico de cada especie dentro del tipo de cobertura correspondiente.

### **3.3.17 Medidas de diversidad de especie.**

**Índices de Diversidad:** Para llevar seguimiento de los efectos causados por los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa) y también de la razón de cambio en la diversidad entre distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma) y poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local. (Moreno, 2001).

**Índices de dominancia:** Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Tienen en cuenta la participación de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

**Índice de Simpson ( $\lambda$ ):** El Índice de Simpson ( $\lambda$ ) expresa la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie.

Los resultados se interpretan según Z. Mendoza (2013) usando el siguiente cuadro.

Tabla 2.

*Rangos de valores Índice de Simpson.*

| <b>Índice de Simpson (<math>\lambda</math>)</b> |                    |
|-------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Valores</b>                                  | <b>Significado</b> |
| 0 - 0.33                                        | Diversidad baja    |
| 0.34 - 0.66                                     | Diversidad media   |
| > 0.67                                          | Diversidad alta    |

En cuanto a la riqueza específica (S) es la forma más fácil de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas.

A través de este Índice de Margalef se encuentra la relación entre el número de especies existentes en un ecosistema dado y el número total de individuos que la componen, lo cual caracteriza la riqueza de especies de una comunidad dada. Los resultados se interpretan según (González, 2006) usando el siguiente cuadro.

Tabla 3.

*Rangos de valores índices de Margalef.*

| <b>Índice de Margalef</b> |                            |                    |
|---------------------------|----------------------------|--------------------|
| <b>Valores Alfa</b>       | <b>Valores Beta y Gama</b> | <b>Significado</b> |
| $\leq 1$                  | $\leq 2.7$                 | Muy baja           |
| > 1 - 2                   | > 2.7 - 3.2                | Baja               |
| > 2 - 2.7                 | > 3.2 - 5.5                | Media              |
| > 2.7 - 3                 | > 5.5 - 7                  | Alta               |
| > 3                       | > 7                        | Muy Alta           |

**Índices de equidad:** Los índices de equidad expresan la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra.

**Índice de Shannon-Wiener:** Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001). Los resultados se interpretan según (González, 2006) usando el siguiente cuadro.

Tabla 4.

*Rangos de valores Índice de Shanon – Wiener.*

| Índice de Shanon – Wiener |                     |             |
|---------------------------|---------------------|-------------|
| Valores Alfa              | Valores Beta y Gama | Significado |
| 0 -1                      | 0 – 2.1             | Muy baja    |
| > 1 - 1.8                 | > 2.1 - 2.6         | Baja        |
| > 1.8 - 2.1               | > 2.6 – 3           | Media       |
| > 2.1 – 2.3               | > 3 - 3.3           | Alta        |
| > 2.3                     | > 3.3               | Muy Alta    |

**3.3.18 Medición de Caudales.** El cálculo del caudal varía a través de las estaciones, por lo cual es importante realizar mediciones al caudal en varios meses del año.

Se debe tener en cuenta que los peces, aves, plantas y otros seres vivos dependen de la corriente del cauce para la supervivencia el cual es conocido como corriente ecológica. El caudal se expresa como un cierto volumen de agua por segundo o minuto (González y Ramírez, 2014).

**Método Contenedor.** El método de llenado de contenedores sólo funciona para sistemas muy pequeños. Este se realiza mediante la construcción un dique temporal que obligue a que toda el agua pase a través de una tubería llenado de un recipiente de volumen determinado o conocido, usar un cronómetro para medir el tiempo que toma para llenar el recipiente.

**Método Flotador.** El método de flotación es útil cuando existen grandes corrientes para la medición del caudal.

### 3.4 Marco Conceptual

**Caracterización Florística.** La caracterización florística, tiene como objeto instaurar comunidades vegetales, fundamentándose en la forma en que estas se encuentran distribuidas en la comunidad de un sitio determinado encontrando características ecológicas propias de una determinada comunidad vegetal (Cantillo *et al.*, 2004). Para la administración de los datos de las comunidades vegetales se pueden analizar especies vegetales de dos formas o una individual o en conjunto todo depende del análisis que se pretenda realizar a los datos. (Cantillo *et al.*, 2004). Los estudios de la caracterización florística se pueden soportar con un análisis de tipo cuantitativo y o cualitativo, generando una base de datos procesada y comparada para de esta manera poder dar respuesta a condiciones ecológicas determinadas de asociaciones vegetales de un sitio. Estos análisis son realizados con estadística entre otros. (Cantillo *et al.*, 2004).

**Georreferenciación.** Es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datos específicos.

**Copa.** La copa de un árbol individual se refiere a la capa superior de sus hojas.

**Edáfico.** Relativo al suelo, especialmente en lo que respecta a la vida de las plantas.

**Rodal.** Agrupación o conjunto de árboles de una o varias especies determinadas, establecido en forma natural o artificial.

**Ciclo hidrológico.** Describe el movimiento continuo y cíclico del agua en el planeta Tierra.

**Biodiversidad.** Término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman.

**Deforestación.** Transformación del bosque en otro uso de la tierra reducción a largo plazo de la cubierta de la copa por debajo del umbral mínimo del 10%

**Regulación hídrica.** Servicio prestado por ecosistemas boscosos el cual realiza el control de la erosión hídrica, y mejora la infiltración de agua, como efecto de la protección que los bosques percuten en el medio ambiente.

**Concesión.** La palabra concesión proviene del latín concesión, directamente relacionado con el verbo conceder. La concesión de aguas superficiales, consiste en obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas superficiales para los siguientes fines: a) Abastecimiento doméstico en los casos que requiera derivación; b) Riego y silvicultura; c) Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera derivación; d) Uso industrial; e) Generación térmica o nuclear de electricidad; f) Explotación minera y tratamiento de minerales; g) Explotación petrolera; h) Inyección para generación geotérmica; i) Generación hidroeléctrica; j) Generación cinética directa; k) Flotación de maderas; l) Transporte de minerales y sustancias tóxicas; m) Acuicultura y pesca; n) Recreación y deportes; o) Usos medicinales, y p) Otros usos similares.

**Temporada de estiaje.** Es el nivel de caudal mínimo que alcanza un río en algunas épocas del año, debido principalmente a la sequía.

**Captación de agua.** Almacenamiento del agua proveniente de varios lugares.

**Afloramiento de agua.** Sitio en el que sale agua de la superficie.

**Aforo.** Medición del caudal que pasa por una sección determinada.

**Caudal.** Volumen de agua por unidad de tiempo. Normalmente medido en litros por segundo (L/s).

**Afluente.** Cursos de agua, que llegan y desembocan vertiendo sus aguas en quebradas o ríos que posteriormente estos terminan llevando el agua a lagos, ríos y al mar entre otros.

**Unidad hidrográfica.** Unidad territorial donde el agua cae por su precipitación se concentra y escurre a un punto que conduce a algún río, lago, mar.

**Conservación.** Es la distribución adecuada de los recursos naturales, humano como también cultural en una población, asegurando un desarrollo sostenible.

**Chaqueo.** El chaqueo es utilizado para limpiar terrenos de cobertura forestal y vegetal (barbecho), y “recuperar” pastizales para el alimento del ganado.

### 3.5 Marco Legal.

La constitución política estipula como deberes y obligaciones del estado “proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines” (Art. 79), Además, “el estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación restauración o sustitución. Deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de daños causados” (Art. 80).

La normatividad forestal legal vigente en Colombia está conformada por una serie de leyes, normas y decretos, los cuales garantizan el adecuado uso de los recursos naturales regulando su explotación y guiando al uso sostenible de los mismos.

➤ **Ley 99 de 1993.** Las autoridades territoriales ejercerán a través del alcalde, como primera autoridad de policía, y el apoyo de la policía nacional, funciones de control y vigilancia del medio ambiente y los recursos naturales para prevenir, contener y reprimir cualquier atentado contra los mismos o contravención a las normas sobre 44 la defensa, conservación preservación y utilización, en coordinación con la asesoría de las Corporaciones Autónomas Regionales (Colombia Leyes y Decretos, 1993b).

➤ **Ley 388 de 1997.** . El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito

territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes (Colombia Leyes y Decretos, 1997b).

➤ **Decreto de Ley 2811 de 1974.** Denominado Código Nacional de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente. El gobierno nacional expidió este decreto que constituye el estatuto general y básico que establece la preservación y restauración del ambiente, la conservación y utilización adecuada de los recursos naturales renovables y con el objeto de regular la conducta humana y la actividad de la administración pública en relación con esos recursos y el ambiente (Colombia Leyes y Decretos, 1974)

➤ **Ley 1021 de 2006.** Por la cual se establece el Régimen Forestal Nacional, conformado por un conjunto coherente de normas legales y coordinaciones institucionales, con el fin de promover el desarrollo sostenible del sector forestal colombiano en el marco del Plan Nacional de Desarrollo Forestal. A tal efecto, la ley establece la organización administrativa necesaria del Estado y regula las actividades relacionadas con los bosques naturales y las plantaciones forestales (Colombia Leyes y Decretos, 2006a).

➤ **Ley 629 de 2000.** Por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kioto el 11 de diciembre de 1997 (Colombia Leyes y Decretos, 2000).

➤ **Ley 99 del 22 de diciembre de 1993.** Por la cual se creó el Ministerio del Medio Ambiente, se reordenó el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, y se organizó el Sistema Nacional Ambiental SINA, y se dictan otras disposiciones (Colombia Leyes y Decretos, 1993a).

➤ **Decreto 1715 de 1978.** Por el cual se establecen las reglamentaciones para que la comunidad tenga derecho a disfrutar de un paisaje urbano y rural que contribuya al bienestar físico y espiritual y se prohíbe alterar o deformar los elementos naturales (Colombia Leyes y Decretos, 1978).

➤ **Decreto 1449 de 1977.** Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto-Ley 2811 de 1974; en relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, los propietarios de predios están obligados a: Ver Ley 79 de 1986, Ley 373 de 1997 y en relación con la protección y conservación de los bosques, los propietarios de predios están obligados a: Ver Decreto Nacional 1791 de 1996, Aprovechamiento forestal (Colombia Leyes y Decretos, 1977).

➤ **Ley 373 de 1997.** Se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua (Colombia Leyes y Decretos, 1997a).

➤ **Decreto 155 de 2004.** Reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones (Colombia Leyes y Decretos, 2004).

➤ **Resolución 872 de 2006.** Establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones (Colombia Leyes y Decretos, 2006b).

➤ **Decreto 2820 de 2010.** Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales (Colombia Leyes y Decretos, 2010a).

➤ **Decreto 3930 de 2010.** Reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones (Colombia Leyes y Decretos, 2010c).

➤ **Resolución 1907 de 2013.** Por la cual se expide la Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (Colombia Leyes y Decretos, 2013b).

➤ **Resolución 509 de 2013.** Por la cual se definen los lineamientos para la conformación de los Consejos de Cuenca y su participación en las fases del plan de ordenación y manejo de la cuenca y se dictan otras disposiciones (Colombia Leyes y Decretos, 2013a).

➤ **Decreto 2667 de 2012.** Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones (Colombia Leyes y Decretos, 2012b).

➤ **Decreto 1640 de 2012.** Reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones (Colombia Leyes y Decretos, 2012a).

➤ **Decreto 303 de 2012.** Reglamenta parcialmente el artículo 64 del Decreto-ley 2811 de 1974 en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones (Colombia Leyes y Decretos, 2012b).

➤ **Resolución 0769 de 5 de agosto de 2002.** Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección, conservación y sostenibilidad de los páramos (Colombia Leyes y Decretos, 2003).

➤ **Decreto 1076 de 2015.** "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible" (Colombia Leyes y Decretos, 2015).

➤ **Decreto 2245 de 2017.** "Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídrica (Colombia Leyes y Decretos, 2017).

➤ **Decreto 1323 de 2007.** Crea el sistema de información del recurso hídrico (SIRH) (Colombia Leyes y Decretos, 2007).

➤ **Decreto 2820 de 2010.** Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales (Colombia Leyes y Decretos, 2010b).

➤ **Decreto 3930 de 2010.** Reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones (Colombia Leyes y Decretos, 2018).

➤ **Resolución 1907 de 2013.** Por la cual se expide la Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (Colombia Leyes y Decretos, 2014).

## **4 Diseño Metodológico.**

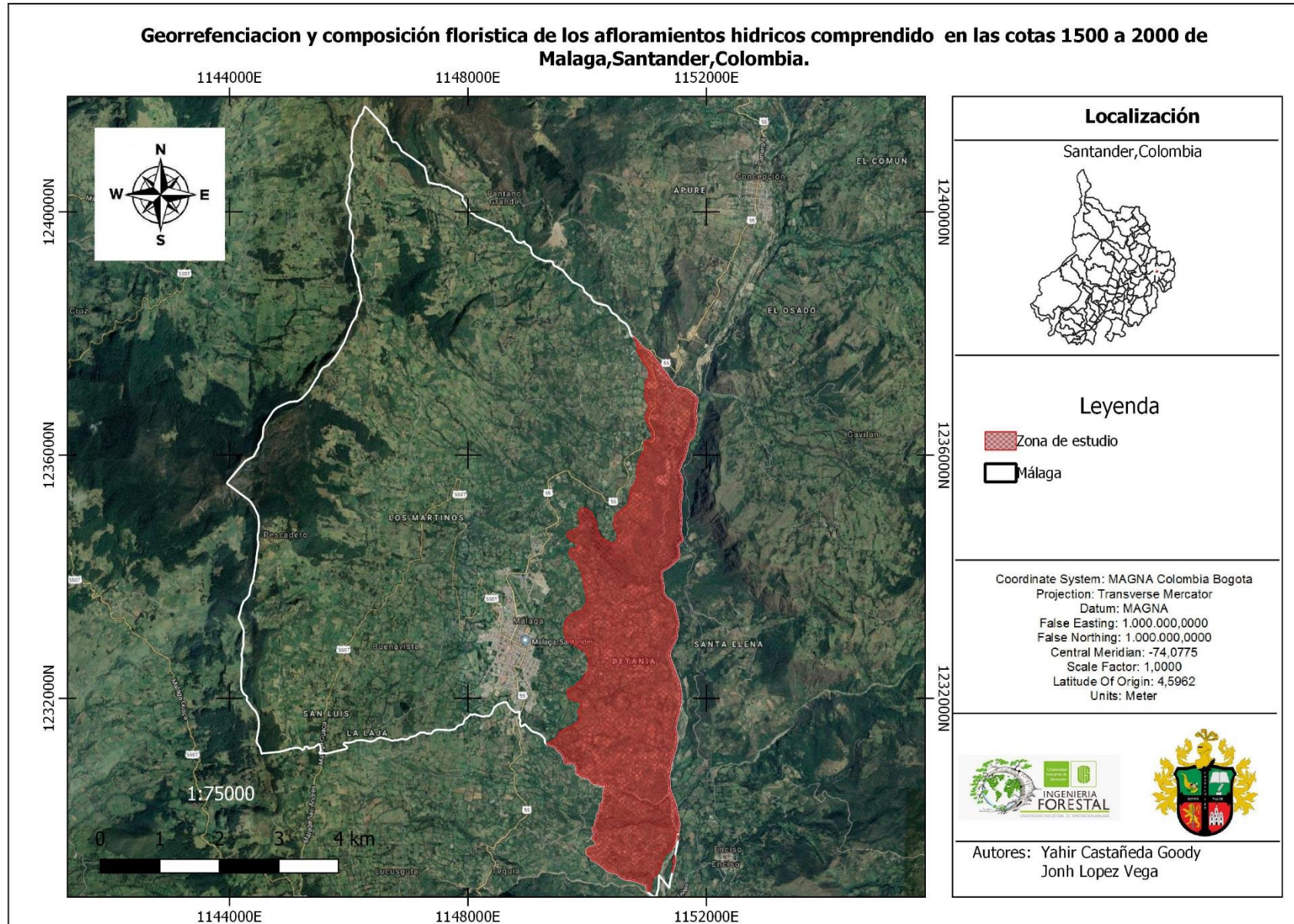
### **4.1 Tipo de Estudio.**

Se desarrolló un trabajo de recopilación de información, implementando el método observacional analítico descriptivo, la cual busco georreferenciar, medir el caudal de los cauces y realizar el análisis de la caracterización florística de la vegetación presente en los afloramientos hídricos localizados en el área de estudio.

### **4.2 Área de estudio.**

En la figura 1, se muestra el área de estudio, esta se encuentra localizada dentro los 1.500 a 2.000 m.s.n.m. Comprende las veredas Calichal, Barzal, Guásimo, Tierra Blanca del municipio de Málaga, Santander, Colombia.

Figura 1. Localización del área de estudio municipio de Málaga, Santander, Colombia.



### 4.3 Duración del Estudio.

El presente estudio se desarrolló en un periodo de tiempo correspondiente a seis 6 meses, a partir del día 23 de abril hasta el día 23 de septiembre del año 2019.

**4.3.1 Etapa de preparación.** En esta etapa se realizó la recopilación y procesamiento de la mayor cantidad de información secundaria posible, como estudios que relacionan información espacial con la distribución de la vegetación, según sus características de origen geológico, donde posiblemente por sus condiciones litológicas y edáficas se pueden presentar afloramientos de agua. Adicionalmente, se hizo la revisión bibliográfica sobre estudios relacionados con el área de influencia y los objetivos propuestos.

**Manejo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).** La metodología está basada en la aplicación de los componentes del SIG, como herramienta para la digitalización de los mapas, entre ellos el software QGIS 3.6.3 Noosa (QGIS, 2015)

**Recopilación de Información.** Se obtuvo datos en campo e información secundaria, como la cartografía básica, información del EOT, con páginas oficiales con base de datos abiertos, y la oficina de catastro del municipio de Málaga Santander.

**Procesamiento de la información.** La integración del SIG-ArcMap, ArcCatalog, ArcViewEs y QGIS es un conjunto de procedimientos y herramientas los cuales permitirán la elaboración mapas temáticos y de cartografía básica.

**Análisis de la Información.** Con los mapas y la información recogida en campo, se analizó el área de estudio, formando una base de datos de mapas temáticos. Los mapas cartográficos recolectados, para realizar la georreferenciación de los puntos de cada afloramiento, como también

los de la cobertura boscosa que rodea al nacimiento de agua, son procesados y analizados con el software QGIS 3.6.2 Noosa (QGIS, 2015).

**4.3.2 Etapa de Campo.** La etapa de campo tuvo tres fases en su ejecución:

**4.3.2.1 Fase de Localización y reconocimiento de afloramientos hídricos.** En esta fase se procedió a la ubicación y reconocimiento de los afloramientos hídricos, tal información fue aportada por los presidentes de las juntas de acción comunal, líderes comunales, propietarios o vivientes de las fincas de cada una de las veredas comprendidas en el área de estudio y relacionadas con la información secundaria previamente obtenida por SIG.

**4.3.2.2 Fase de identificación, georreferenciación y caracterización de los afloramientos hídricos.** Se implementó la metodología propuesta por el sistema de información del recurso hídrico (SIRH), según el IDEAM (2015), modificando los atributos a registrar adaptándola al tipo de estudio realizado.

**Identificación de la fuente (ID):** Es un valor numérico que se le da a la fuente que permite registrarlo.

**Nombre de la fuente:** Es una nomenclatura designada a la fuente que permite diferenciarlo independientemente de su valor numérico.

**Cuenca o microcuenca hidrográfica:** se describió la cuenca a la que pertenece el afloramiento hídrico.

**Usos:** hace referencia a los usos que se le estén dando a los afloramientos hídricos, por ejemplo: en la agricultura, ganadería para el consumo entre otros.

**Georreferenciación:** se identificó el sistema de referencia empleado Magna Sirgas Colombia Bogotá Zone (3116). Se procedió a la georreferenciación con el GPS garmin 64sc, evitando errores mayores a 5 (m).

**Altitud:** se identificó la altura sobre el nivel del mar para el punto de georreferenciación del afloramiento por medio del GPS garmin 64sc.

**4.3.2.3 Fase de establecimiento de parcelas.** Una vez localizados los afloramientos hídricos se procedió al establecimiento de parcelas exploratorias tipo diagnóstico, o evaluaciones ecológicas rápidas con base a la metodología de transeptos utilizada en los estudios de evaluación florística (Gentry, 1982), que toma 10 subparcelas como criterio mínimo de área de muestreo 1000 m<sup>2</sup> que se encuentre en un mismo hábitat o paisaje, con la modificación de criterios de medición de (Melo, 2000), adaptando la forma y tamaño a parcelas circulares según el tipo de estudio realizado.

Si la vegetación era alta se procedía a hacer subparcelas circulares de radio que cumplieran el área de criterio de medición de cada componente vegetal fustal, latizal o brinzal. Si la vegetación del área de influencia de los afloramientos hídricos era muy reducida para la aplicación de la metodología antes descrita se procedió a inventariar al 100 % la vegetación presente en un área de 100 m<sup>2</sup>.

**Establecimiento de parcelas.** Se realizaron parcelas de área de 100 m<sup>2</sup> tomando como punto focal de radio cada afloramiento hídrico. Dentro de cada parcela se trazaron los puntos cardinales formando cuatro subparcelas que sirvieron como método de medición seccionado en cuartos de círculo, y así evitar omitir cada uno de los componentes vegetales inventariados.

Se realizaron las mediciones de acuerdo a las siguientes especificaciones:

**Unidad de levantamiento I:** parcelas circulares de radio de 1,12 m, en las cuales se registró el brinjal o sea los árboles con un (DAP <2.5 cm).

**Unidad de levantamiento II:** parcelas circulares de radio de 2,82 m, se midieron árboles con diámetros entre (2.5 cm ≤ <10 cm) llamado latizal.

**Unidad de levantamiento III:** parcelas circulares de radio de 5,64 m en cada una de las subparcelas encontradas se midieron arboles con DAP ≥ 10 cm llamado fustal.

**Corrección de Pendiente.** Para la corrección de la longitud se realizó teniendo en cuenta la siguiente expresión según (Melo, 2000).

$$di = \frac{Dh}{\cos \alpha}$$

Donde:

di: Valor corregido de la distancia.

Dh: Distancia entre los dos puntos de abscisado.

COSα: Valor del coseno del ángulo de la pendiente.

**4.3.2.4 Fase de medición del caudal en los cauces de los afloramientos hídricos.** Para la medición del caudal de los cauces en los afloramientos hídricos se implementaron los siguientes métodos:

**Método del contenedor.** Para la medición con este método se realizaron 5 repeticiones utilizando un recipiente de volumen conocido, y su caudal se calculó mediante la siguiente formula:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q: Caudal en (L/s), V: Volumen ocupado por el agua (L) y t: Tiempo en segundos (s).

**Método del flotador.** Para la medición de la velocidad media de la corriente de agua del afloramiento, se estableció una distancia de 2,5 m u otra según el ancho del cauce. Se utilizaron bolas de plástico con el fin de calcular los tiempos en recorrer la longitud ya establecida, realizando 10 repeticiones para obtener el promedio de tiempo (t) y así hallar la velocidad (V). El tiempo se tomó con la ayuda de un cronómetro.

En este método se realizó el perfil transversal del cauce midiendo la profundidad cada 10 cm a lo ancho del cauce u otras según las condiciones. Con la recopilación de los datos anteriores, se procedió a la aplicación de la siguiente fórmula con el fin de conocer la cantidad de agua aportado.

$$Q = A \times V$$

En donde:

Q: caudal, A: área y V: velocidad.

#### **4.3.3 Etapa de análisis de información. Evaluación estructural y Composición florística.**

Con los datos recolectados en campo se hicieron análisis estadísticos de la composición florística con base en la metodología planteada por (Melo, 2000).

**4.3.3.1.1 Estructura horizontal. Índice de Valor de Importancia (IVI).** Para el cálculo del índice de valor de importancia (IVI) se implementó la siguiente expresión:

$$IVI = Ar + Fr + Dr$$

Donde:

**Ar:** abundancia relativa, definida como el porcentaje de cada especie con relación al número total de individuos de todas las especies encontradas en la muestra.

**Fr:** frecuencia relativa, calculada como la frecuencia absoluta de una especie con relación a la suma de frecuencias absolutas de todas las especies presentes en la muestra.

**Dr:** dominancia relativa. Es el porcentaje de la dominancia absoluta de una especie con respecto a la suma de las dominancias absolutas de todas las especies presentes en la muestra.

#### 4.3.3.2 *Medidas de Diversidad de Especies.*

4.3.3.2.1 *Índices de Diversidad.* La medición solo se remitió al análisis de la diversidad alfa. Para la obtención de los resultados de los índices de diversidad fue necesario utilizar el software Past 3 libre para el análisis de datos científicos, con funciones para la manipulación de datos, gráficos y estadística univariada a través de fórmulas y algoritmos.

**Índices de dominancia.** Para el estudio de la dominancia de las especies presentes en los afloramientos hídricos se emplearon los siguientes índices:

**Índice de Simpson ( $\lambda$ )**

$$\lambda = \sum p_i^2$$

**Índice de Heterogeneidad ( $\lambda$ )**

$$\delta = 1 - \lambda$$

Donde:

Pi: representa la abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* dividido entre el número total de individuos de la muestra.

$\delta$ : Índice de Heterogeneidad.

$\lambda$ : Índice de Simpson.

**Riqueza específica (S).** Se basa únicamente en el número de especies presentes en el área de muestreo.

**Índice de Margalef**

$$DMg = \frac{S - 1}{N}$$

Donde S, es el número de especies y N, el número total de individuos.

**Índices de equidad.** Para el estudio de la equidad de las especies presentes en los afloramientos hídricos se empleó el siguiente índice:

**Índice de Shannon-Wiener.**

$$H = - \sum p_i * \ln p_i$$

Donde  $p_i$  representa la abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra y  $\ln$  es el logaritmo natural.

## 5 Resultados.

### 5.1 Georreferenciación de los afloramientos hídricos.

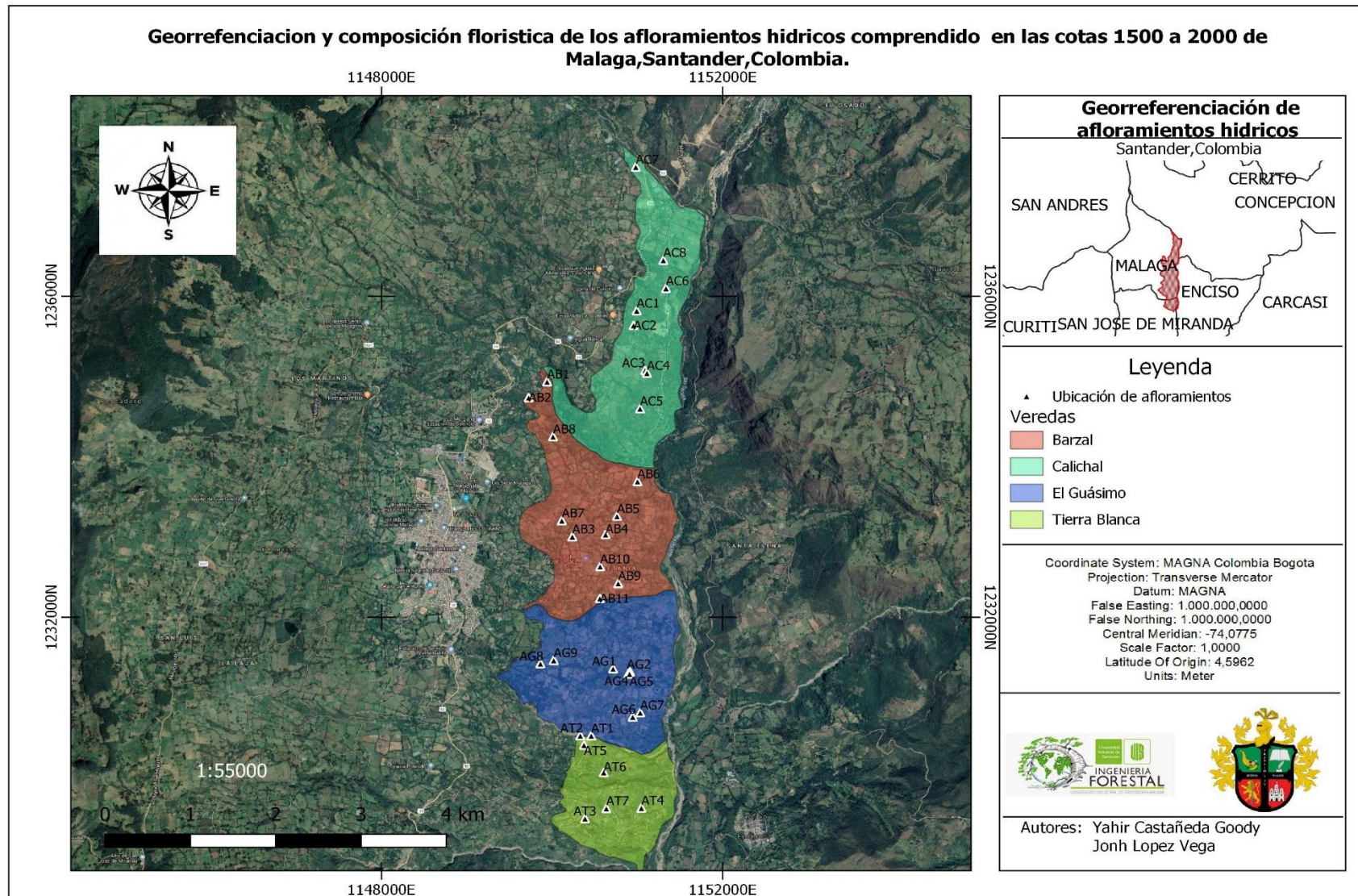
La localización de los afloramientos hídricos, se llevó a cabo, mediante el uso de herramientas como el GPS garmin 64sc, y cartografía existente. La tabla 5 y figura 2, muestran 35 afloramientos hídricos en 31 predios distribuidos, en las diferentes veredas comprendidas por la zona de estudio. Barzal y Calichal tienen mayor número de afloramientos, Tierra Blanca y Guásimo, menor número de afloramientos, e igual entre ambos.

Tabla 5.

*Afloramientos hídricos comprendidos en las Veredas del área de estudio.*

| <b>Vereda</b> | <b>Área (ha)</b> | <b>Pedios</b> | <b>Afloramientos</b> |
|---------------|------------------|---------------|----------------------|
| Calichal      | 294.55           | 8             | 8                    |
| Barzal        | 301.40           | 11            | 11                   |
| Guásimo       | 284.10           | 6             | 9                    |
| Tierra Blanca | 165.88           | 6             | 7                    |
| <b>Total</b>  | <b>1045.93</b>   | <b>31</b>     | <b>35</b>            |

Figura 2. Afloramientos hídricos georreferenciados Málaga, Santander, Colombia.



En la figura 3 y tabla 6, se aprecia la ubicación espacial de los afloramientos hídricos en la vereda Calichal, con tres sin medición de caudal de los ocho encontrados, en las microcuencas Agua blanca, Ojo de agua y El Termino.

Figura 3. Afloramientos Hídricos en la vereda Calichal de Málaga, Santander, Colombia

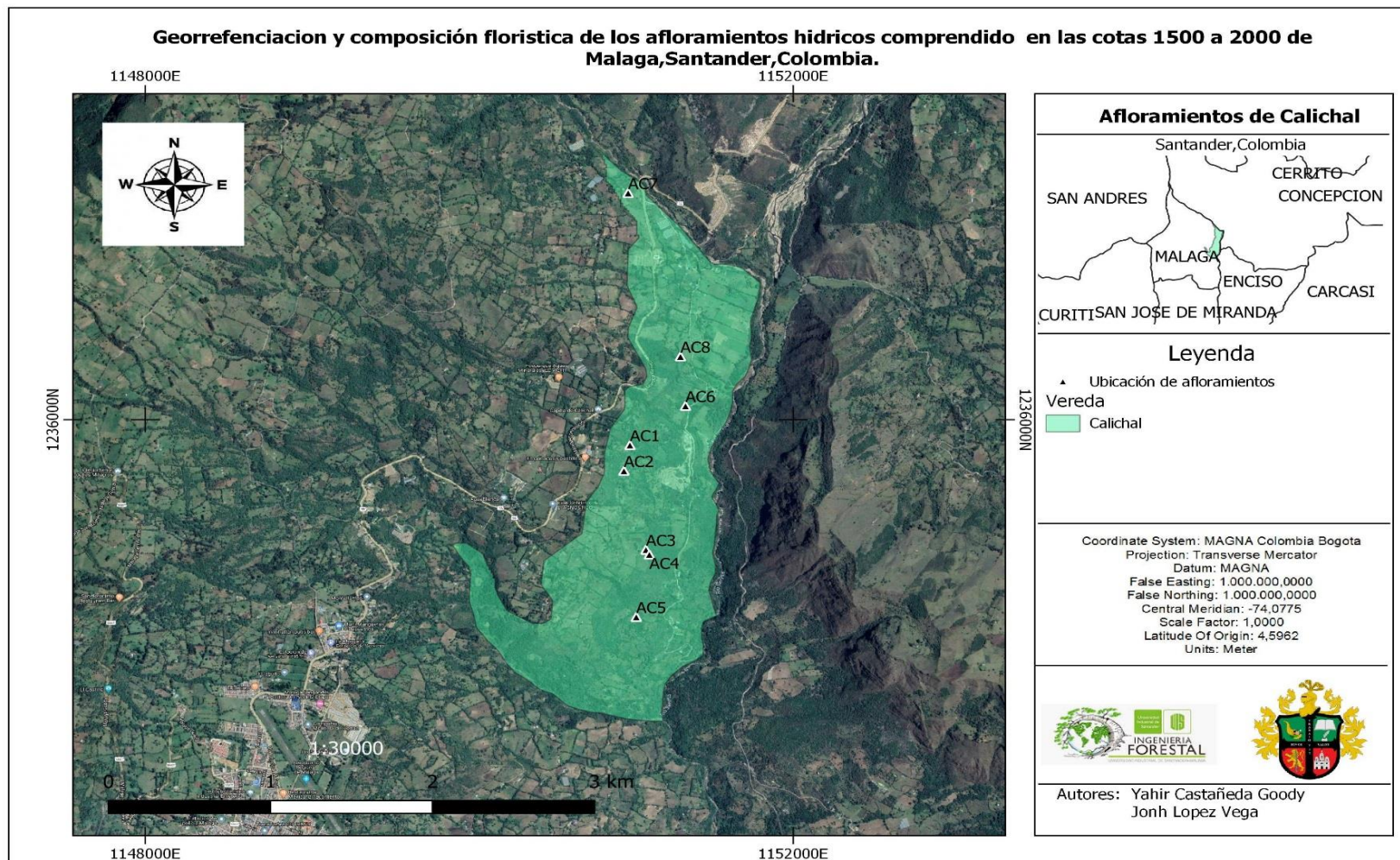


Tabla 6.

*Georreferenciación e información afloramientos hídricos vereda Calichal.*

| ID | NOMBRE | N°<br>PREDIAL | MAGNA COLOMBIA<br>BOGOTÁ |          | COTA<br>(M.S.N.M) | CAUDAL<br>(Q) L/S | MICROCUENCA |
|----|--------|---------------|--------------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------|
|    |        |               | ESTE(X)                  | NORTE(Y) |                   |                   |             |
| 1  | Ac1    | 2570          | 1150992                  | 1235820  | 1952              | 34.38             | Agua Blanca |
| 2  | Ac2    | 1410          | 1150955                  | 1235637  | 1935              | 0.0254            | Agua Blanca |
| 3  | Ac3    | 1440          | 1151091                  | 1235077  | 1884              | X                 | Agua Blanca |
| 4  | Ac4    | 1600          | 1151112                  | 1235043  | 1875              | X                 | Agua Blanca |
| 5  | Ac5    | 1640          | 1151031                  | 1234600  | 1802              | 0.0140            | Agua Blanca |
| 6  | Ac6    | 1330          | 1151335                  | 1236098  | 1840              | 0.1013            | Ojo De Agua |
| 7  | Ac7    | 1200          | 1150981                  | 1237610  | 1976              | X                 | El Termino  |
| 8  | Ac8    | 1310          | 1151304                  | 1236449  | 1888              | 0.0472            | El Termino  |

En la figura 4 y tabla 7 se aprecia la ubicación espacial de los afloramientos hídricos en la vereda Barzal, con tres sin medición de caudal de los once encontrados, en las microcuencas Yerbabuena y Agua blanca.

Figura 4. Afloramientos hídricos en la vereda Barzal de Málaga, Santander, Colombia

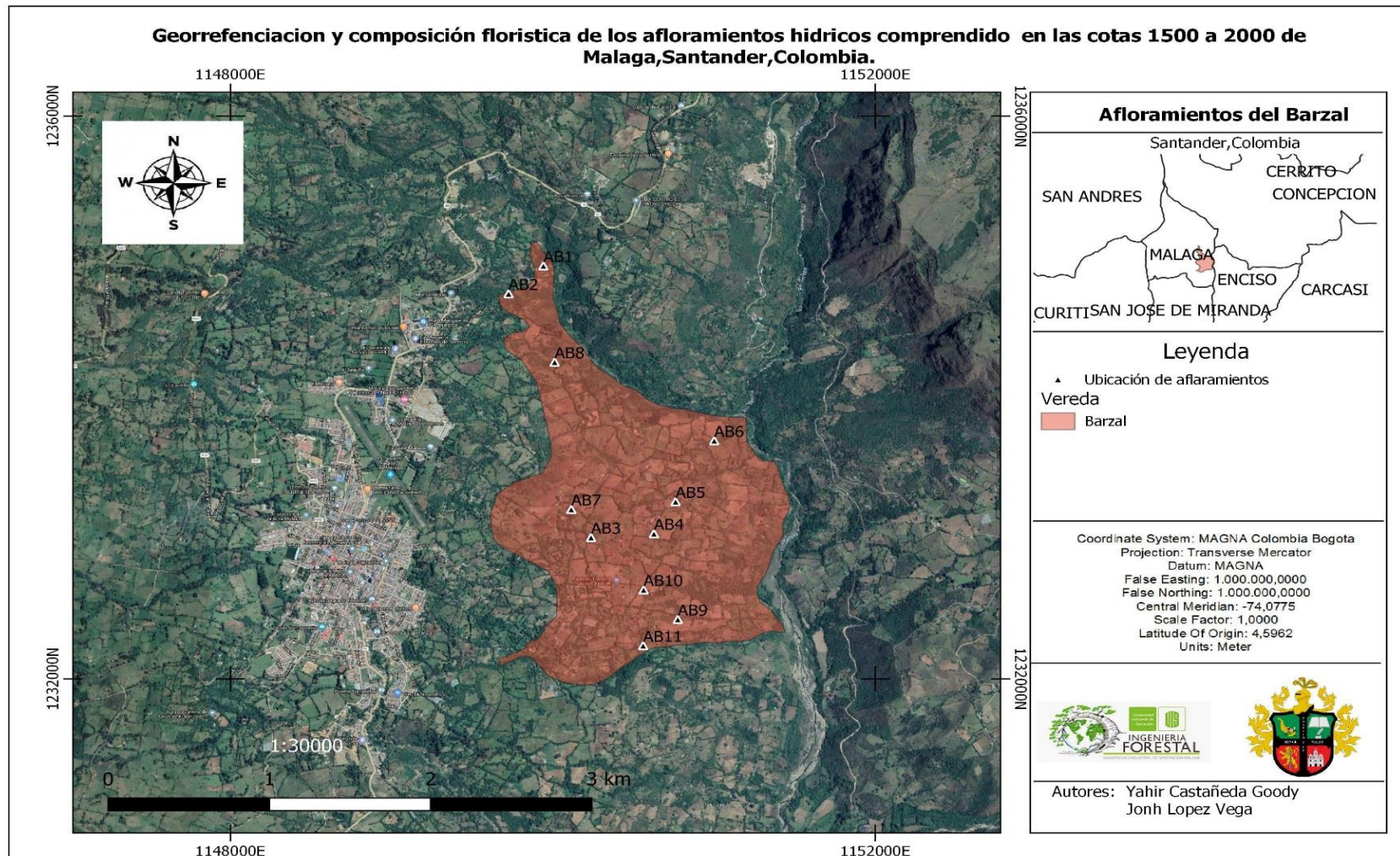


Tabla 7.

*Georreferenciación e información afloramientos hídricos vereda Barzal.*

| ID | NOMBRE | N°<br>PREDIAL | MAGNA COLOMBIA<br>BOGOTÁ |          | COTA<br>(M.S.N.M) | CAUDAL<br>(Q) L/S | MICROCUEENCA |
|----|--------|---------------|--------------------------|----------|-------------------|-------------------|--------------|
|    |        |               | ESTE(X)                  | NORTE(Y) |                   |                   |              |
| 9  | Ab1    | 3480          | 1149941                  | 1234936  | 1979              | 250.88            | Agua Blanca  |
| 10 | Ab2    | 3500          | 1149725                  | 1234738  | 2085              | X                 | Agua Blanca  |
| 11 | Ab3    | 1410          | 1150237                  | 1233005  | 1904              | 6.30              | Yerbabuena   |
| 12 | Ab4    | 1210          | 1150627                  | 1233032  | 1832              | X                 | Yerbabuena   |
| 13 | Ab5    | 1230          | 1150761                  | 1233260  | 1804              | 0.056             | Agua Blanca  |
| 14 | Ab6    | 0780          | 1151001                  | 1233693  | 1717              | 25.08             | Agua Blanca  |
| 15 | Ab7    | 2780          | 1150114                  | 1233205  | 1924              | 0.131             | Yerbabuena   |
| 16 | Ab8    | 0430          | 1150011                  | 1234252  | 1929              | 73.17             | Yerbabuena   |
| 17 | Ab9    | 0990          | 1150775                  | 1232423  | 1757              | 0.217             | Yerbabuena   |
| 18 | Ab10   | 1110          | 1150563                  | 1232633  | 1821              | X                 | Yerbabuena   |
| 19 | Ab11   | 1030          | 1150560                  | 1232236  | 1822              | 0.0847            | Yerbabuena   |

En la figura 5 y tabla 8, se aprecia la ubicación espacial de los afloramientos hídricos en la vereda Guásimo, con dos sin medición de caudal de los nueve encontrados, en la microcuenca Yerbabuena.

Figura 5. Afloramientos hídricos en la vereda Guásimo de Málaga, Santander, Colombia

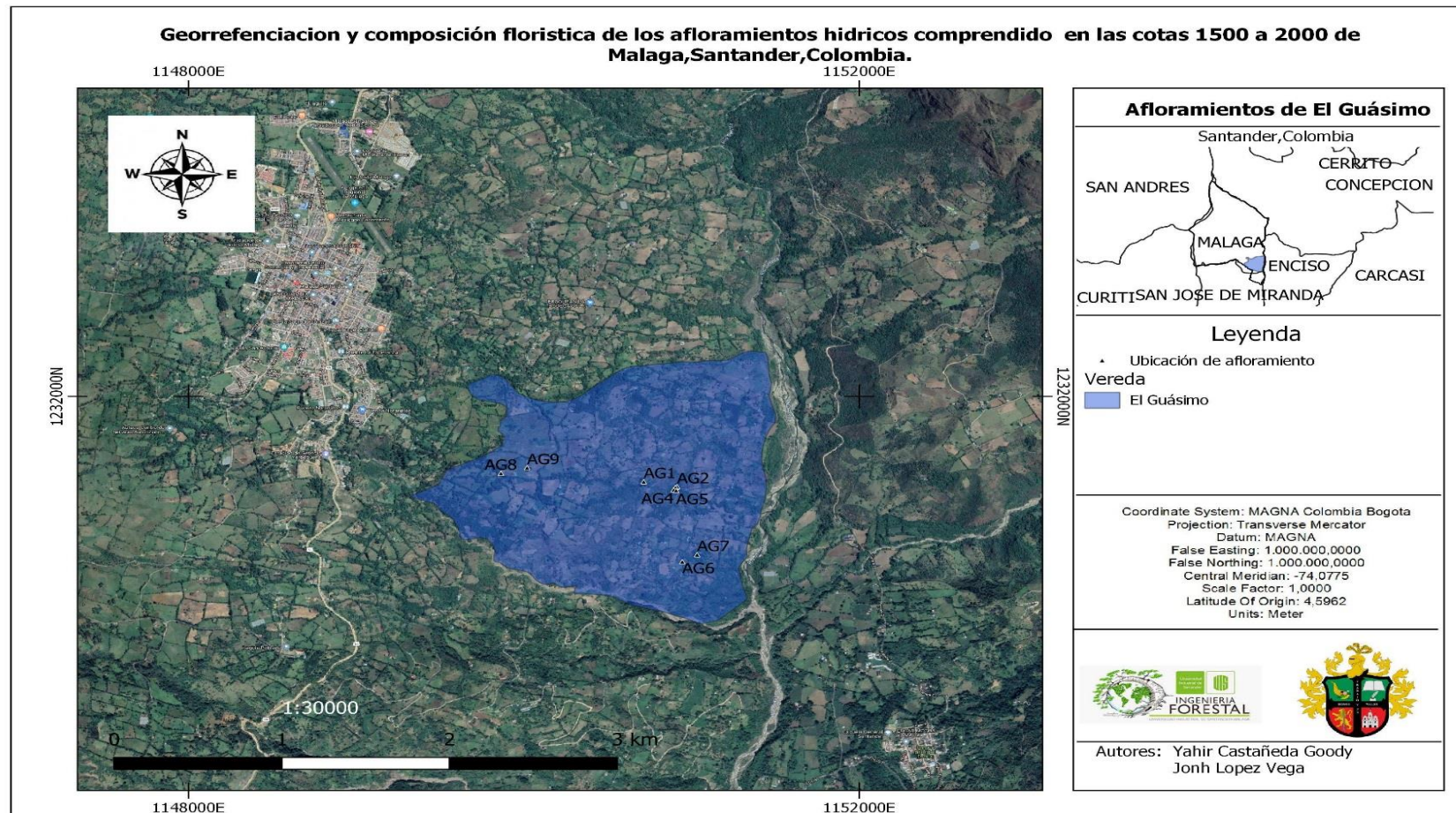


Tabla 8.

*Georreferenciación e información afloramientos hídricos vereda Guásimo.*

| ID | NOMBRE | N°<br>PREDIAL | MAGNA COLOMBIA<br>BOGOTÁ |          | COTA<br>(M.S.N.M) | CAUDAL<br>(Q) L/S | MICROCUEENCA |
|----|--------|---------------|--------------------------|----------|-------------------|-------------------|--------------|
|    |        |               | ESTE(X)                  | NORTE(Y) |                   |                   |              |
| 20 | AG1    | 0830          | 1150715                  | 1231360  | 1768              | 0.0605            | Yerbabuena   |
| 21 | AG2    | 1830          | 1150914                  | 1231322  | 1671              | 0.0568            | Yerbabuena   |
| 22 | AG3    | 1830          | 1150905                  | 1231316  | 1673              | 0.6457            | Yerbabuena   |
| 23 | AG4    | 1770          | 1150894                  | 1231299  | 1677              | 0.0701            | Yerbabuena   |
| 24 | AG5    | 1830          | 1150908                  | 1231295  | 1675              | 0.3297            | Yerbabuena   |
| 25 | AG6    | 1610          | 1150945                  | 1230760  | 1667              | X                 | Yerbabuena   |
| 26 | AG7    | 0340          | 1151033                  | 1230813  | 1639              | 0.5601            | Yerbabuena   |
| 27 | AG8    | 1360          | 1149863                  | 1231423  | 1949              | X                 | Yerbabuena   |
| 28 | AG9    | 1670          | 1150019                  | 1231465  | 1935              | 0.5562            | Yerbabuena   |

En la figura 6 y tabla 9, se aprecia la ubicación espacial de los afloramientos hídricos en la vereda Tierra Blanca, con uno sin medición de caudal de los siete encontrados, en la microcuenca La Magnolia.

Figura 6. Afloramientos hídricos en la vereda Tierra Blanca de Málaga, Santander, Colombia

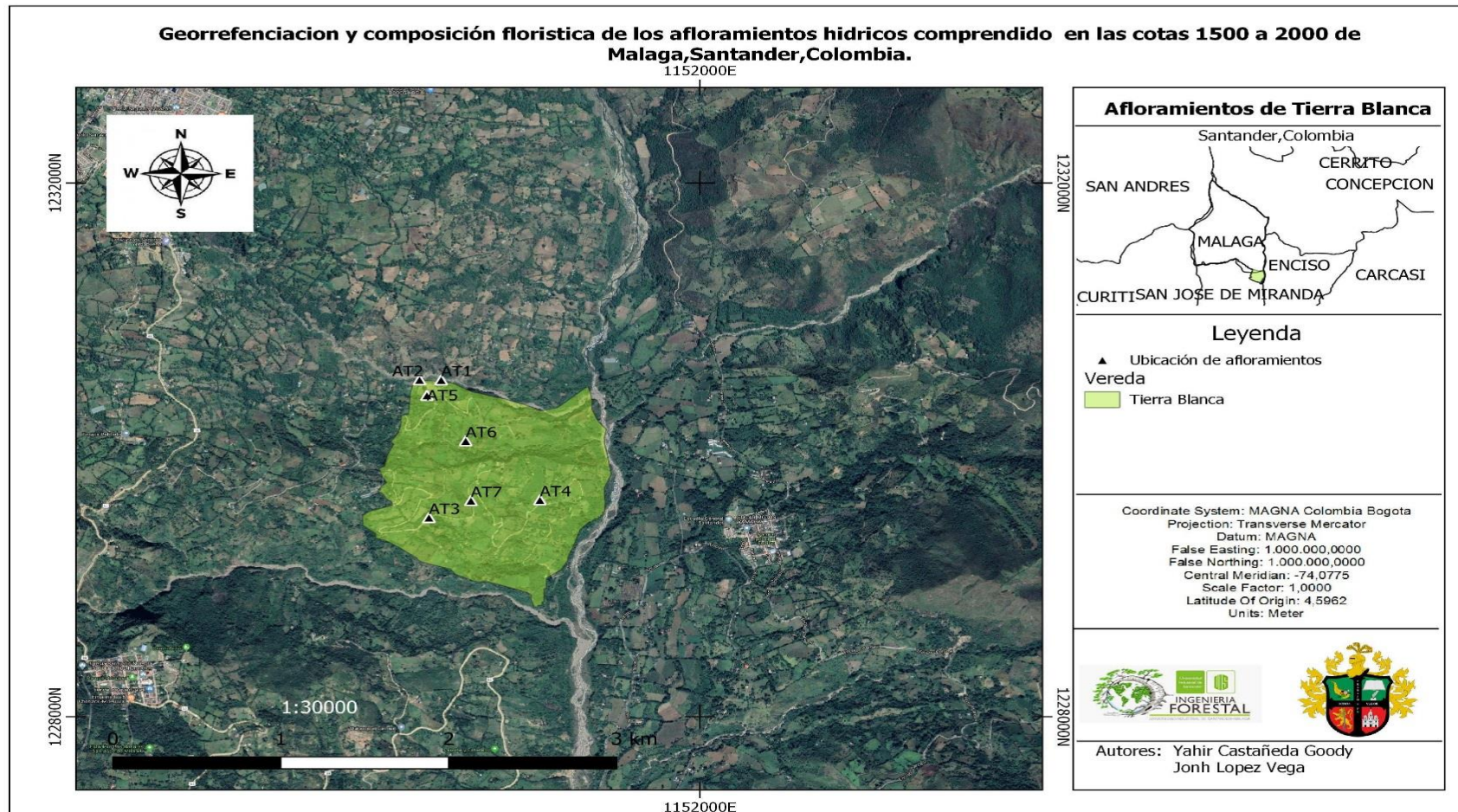


Tabla 9.

*Georreferenciación e información afloramientos hídricos vereda Tierra Blanca*

| ID | NOMBRE | N°<br>PREDIAL | MAGNA COLOMBIA<br>BOGOTÁ |          | COTA<br>(M.S.N.M) | CAUDAL<br>(Q) L/s | MICROCUECNA |
|----|--------|---------------|--------------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------|
|    |        |               | ESTE(X)                  | NORTE(Y) |                   |                   |             |
| 29 | AT1    | X             | 1150459                  | 1230525  | 1699              | 0.0148            | La Magnolia |
| 30 | AT2    | 0810          | 1150330                  | 1230526  | 1727              | 0.4860            | La Magnolia |
| 31 | AT3    | 0720          | 1150386                  | 1229493  | 1706              | 0.0832            | La Magnolia |
| 32 | AT4    | 0280          | 1151047                  | 1229625  | 1642              | 0.0618            | La Magnolia |
| 33 | AT5    | 0810          | 1150374                  | 1230409  | 1754              | 0.0818            | La Magnolia |
| 34 | AT6    | 0910          | 1150605                  | 1230068  | 1700              | 0.3652            | La Magnolia |
| 35 | AT7    | 0990          | 1150636                  | 1229620  | 1676              | X                 | La Magnolia |

En la tabla 10, se observan las descripciones de los afloramientos encontrados en el área de estudio, en la vereda Calichal de Málaga, Santander.

Tabla 10.

*Descripción estado actual afloramientos hídricos vereda Calichal*

| ID | NOMBRE | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | AC1    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante, con presencia de ganado vacuno y con encausamiento de canal hecho de concreto con punto de captación, y presencia de más captaciones para consumo humano. Cobertura boscosa con dosel semiabierto.    |
| 2  | AC2    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante y presencia de minerales de sulfuro que le da un sabor salino al agua, se evidencia pisoteo de ganado. Se encuentra asociado a cultivos frutales de mango y naranja.                                   |
| 3  | AC3    | Afloramiento sin encerramiento, con dimensiones reducidas, razón por la cual no fue posible la medición caudal, con evidencias de pisoteo de ganado. Cobertura de potrero.                                                                                 |
| 4  | AC4    | Afloramiento sin encerramiento, con dimensiones reducidas, razón por la cual no fue posible la medición caudal, con evidencias de pisoteo de ganado. Cobertura de tipo arbustal con porte medio bajo.                                                      |
| 5  | AC5    | Afloramiento sin encerramiento, flujo constante, con evidencias de pisoteo de ganado. Cobertura de bosque ripario. Se encuentra ubicado al costado de un canal natural y está delimitado por terreno con cobertura de pradera con pendientes pronunciadas. |

| ID | NOMBRE | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | AC6    | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, con flujo constante, se evidencian captaciones de agua para riego de cultivos y consumo animal, presencia de crustáceos y vegetación como tabaquillos y ságame. Se encuentra ubicado en la vía que conduce de la vereda Calichal parte la planta a Málaga Santander. Delimitado por cultivos de plátano y una mina a cielo abierto de mármol. |
| 7  | AC7    | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, con dimensiones reducidas que no permitieron la medición de caudal, se evidencia pisoteo de ganado. Cubierto por helechos y ságame. Con presencia de árboles de gran porte de yátigo y loqueto.                                                                                                                                               |
| 8  | AC8    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante y presencia de tanque de captación antiguo que no está en uso, presenta captaciones de agua para riego de cultivos y consumo animal, rodeado por helechos, ságame y árboles de gran porte de yátigo y caracolí. Se evidencian semovientes equinos y se encuentra delimitado por potreros.                                                    |

En la tabla 11, se observan las descripciones de los afloramientos encontrados en el área de estudio, en la vereda Barzal de Málaga, Santander.

Tabla 11.

*Descripción estado actual afloramientos hídricos vereda Barzal*

| ID | NOMBRE | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | AB1    | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, no se evidencia presencia de ganado vacuno, flujo constante, se observan mangueras para captación de agua para consumo animal y humano. Cobertura de bosque ripario con especies como higuerón, yátigo y cordoncillos, delimitado por cultivos de arveja, plátano y potreros de bovinos y ovinos |
| 10 | AB2    | Afloramiento sin encerramiento, con dimensiones reducidas, razón por la cual no fue posible la medición caudal, con aforo al lecho de la quebrada. Se encuentra asociado a cobertura de bosque ripario con especies como loqueto, no se evidencia presencia de ganado bovino u ovino.                                                               |

| ID | NOMBRE | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11 | AB3    | Afloramiento sin encerramiento con presencia de un camino de herradura, con flujo permanente, se evidencia presencia de (diferentes pulgadas) mangueras de captación de agua para riego de cultivos y consumo animal. Cobertura boscosa, con dosel semiabierto que genera sombra en aproximadamente el 40% de la superficie, con claros intermitentes con presencia de especies gramíneas de gran porte como plátano silvestre ságameos y helechos.          |
| 12 | AB4    | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, no presenta captaciones de agua, con flujo continuo laminar, no fue posible la medición del caudal debido a las dimensiones reducidas de este. Se presentan árboles de gran porte de yátigo y se evidencia presencia de helechos y ságameos. Se encuentra delimitado por cultivos de maíz y praderas de pastoreo.                                                                                         |
| 13 | AB5    | Afloramiento sin encerramiento, con presencia de mangueras de captación de agua para consumo animal y riego de cultivos. Presenta cobertura de praderas con pasto de corte y especies arbóreas como urapán, yátigo e higuerón, que conforma un dosel abierto. Se encuentra localizado al borde de la vía que conduce de la vereda del Barzal a Málaga Santander.                                                                                             |
| 14 | AB6    | Afloramiento sin encerramiento, con presencia de mangueras de captación de agua para consumo animal. Presenta cobertura de bosque ripario con predominancia de las especies loqueto, higuerón y yátigo. Se encuentra localizado al borde de la vía que conduce de la vereda del Barzal a Málaga Santander. Se evidencia la presencia de minerales de sulfuro que ocasiona sabor salino en el agua                                                            |
| 15 | AB7    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante, sin presencia de captaciones. Presenta cobertura con especies como el urapán, e individuos de ságameos y helechos. Se encuentra delimitada por cultivos de maíz y tabaco. Localizado en la vía que conduce de la vereda del Barzal a Málaga Santander.                                                                                                                                                  |
| 16 | AB8    | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, presenta flujo constante. Con presencia de mangueras de captación de agua para consumo humano y animal. Presenta cobertura de alta densidad, con dosel cerrado y homogeneidad, predominada por especies gramíneas. Delimitado por cultivos de caña de azúcar y praderas. Se encuentra a 60 metros del desagüe de aguas residuales del casco urbano de Málaga Santander, y se encuentra adscrito a la CAS. |
| 17 | AB9    | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, sin presencia de captaciones. Posee cobertura abierta, con presencia de dos individuos de gran tamaño de higuerón, asociado a helechos, ságameos y una plantación de plátano. Delimitado por cultivos agrícolas mixtos de maíz y tabaco. Se encuentra localizado al borde de la vía que conduce de la vereda del Barzal a Málaga Santander.                                                               |

| ID | NOMBRE | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18 | AB10   | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, sin presencia de captaciones. Debido a sus dimensiones reducidas no fue posible la medición de caudal. Posee cobertura predominada por especies de guayaba, yátago, y urapán que conforman un dosel abierto. Delimitado por cultivos agrícolas mixtos de plátano, tabaco y café. |
| 19 | AB11   | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, con flujo constante. Presenta dosel semiabierto con individuos de yátago que fueron plantados para rehabilitación en los puntos más húmedos, presencia de helechos y ságameos. Se encuentra delimitado por cultivos agrícolas y pastizales para pastoreo                         |

En la Tabla 12, se observan las descripciones de los afloramientos encontrados en el área de estudio, en la vereda Guásimo de Málaga, Santander.

Tabla 12.

*Descripción estado actual afloramientos hídricos vereda Guásimo*

| ID | NOMBRE | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20 | AG1    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante. Presenta helechos, ságameos, gramíneas y árboles de gran porte de yátago y caracolí. Se observa presencia de semovientes equinos.                                                                                                                                                                      |
| 21 | AG2    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante, presencia de captaciones de agua para consumo humano, animal y riego de cultivos. Cobertura de bosque ripario.                                                                                                                                                                                         |
| 22 | AG3    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante, presencia de captaciones de agua para consumo humano, animal y riego de plantaciones. Cobertura de bosque ripario.                                                                                                                                                                                     |
| 23 | AG4    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante, presencia y captaciones de agua para consumo humano, animal y riego de cultivos. Cobertura de bosque ripario con especies de cordoncillo, tabaquillos, cucharos, yátago, uña de gato, caña brava y espinillo negro. Se encuentra ubicado al lecho del drenaje y está rodeado por un caño natural seco. |
| 24 | AG5    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante. Cobertura de bosque ripario con individuos de yátago, caña brava y cordoncillo. Se encuentra ubicado en el lecho de un caño natural seco y nace de un higuerón.                                                                                                                                        |

| ID | NOMBRE | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 25 | AG6    | Afloramiento con encerramiento, flujo constante, con dimensiones reducidas, razón por la cual no fue posible la medición de caudal. Se encuentran individuos de ságame, yátigo y cordoncillo. Ubicado al borde de la carretera que conduce de la vereda del Guásimo a Málaga Santander, está delimitado por praderas.       |
| 26 | AG7    | Afloramiento con encerramiento, flujo constante y presencia de captaciones de agua para consumo humano, animal y riego de cultivos. Cobertura predominada por grandes fustales y buena regeneración natural. Ubicado en propiedad privada al lado de una casa y de cultivo de tabaco y plátano.                             |
| 27 | AG8    | Afloramiento cercado por alambre de púas, flujo constante, con dimensiones reducidas, razón por la cual no fue posible la medición de caudal, se evidencia presencia de ganado vacuno. Presencia de helechos, ságame e individuos de gran porte de higuerón y ficus. Se encuentra delimitado por cultivos de tabaco y maíz. |
| 28 | AG9    | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, flujo constante, presencia de captaciones de agua para consumo humano, animal y riego de cultivos, pero no fue posible proceder a realizar medición de vegetación, pues se restringió el acceso, por parte del propietario, por motivos personales.                      |

En la tabla 13, se observan las descripciones de los afloramientos encontrados en el área de estudio, en la vereda Tierra Blanca de Málaga, Santander.

Tabla 13.

*Descripción estado actual afloramientos hídricos vereda Tierra Blanca*

| ID | NOMBRE | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                             |
|----|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 29 | AT1    | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, flujo constante, presencia de captaciones de agua para consumo humano, animal y riego de cultivos. Cobertura de bosque ripario, con individuos de cañabrava, tabaquillos y helechos. |
| 30 | AT2    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante, presencia de captaciones de agua para consumo humano, animal y riego de plantaciones. Cobertura de bosque ripario asociado a especies de yátigo, cordoncillo y tabaquillo          |

| ID | NOMBRE | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 31 | AT3    | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, con flujo constante, presencia de mangueras de transporte para consumo humano, animal y riego de cultivos. Cobertura de bosque ripario con dosel semiabierto asociado a especies como yátago y espino negro.                                                                                   |
| 32 | AT4    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante, presencia de captaciones de agua para consumo humano, animal y riego de cultivos, con dosel semiabierto, se evidencia la presencia de ganado vacuno. Se encuentra al borde de la vía que conduce de la vereda de Tierra blanca a Málaga Santander, está delimitado por un cultivo de tabaco. |
| 33 | AT5    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante. Se encuentra desprovisto de vegetación, asociado a cultivos de tabaco y maíz. Se encuentra ubicado al borde de la vía que conduce de la vereda de Tierra blanca a Málaga Santander                                                                                                           |
| 34 | AT6    | Afloramiento con encerramiento en alambre de púas, flujo constante, con captaciones de agua para consumo humano, animal y riego de cultivos. Presenta dosel semicerrado y el suelo presenta altas cantidades de materia organica. Delimitado por cultivos de café.                                                                                |
| 35 | AT7    | Afloramiento sin encerramiento, con flujo constante, con dimensiones reducidas razón por la cual no fue posible la medición de caudal. Presenta individuos de yatago, guásimo y cordoncillo. Delimitado por cultivos de Tabaco y maíz. Se encuentra ubicado al borde de la vía que conduce de la vereda de Tierra blanca a Málaga Santander.      |

## 5.2 Identificación de Condiciones Biofísicas.

La tabla 14, muestra cada una de las características biofísicas determinadas mediante el procesamiento de capas vectoriales con información oficial del EOT y sus planes de actualización en conjunto con las plataformas web oficiales de entidades gubernamentales con datos abiertos contrastando de los puntos georreferenciados en campo. La determinación de sus atributos biofísicos se enfocó en conocer esas características geológicas que determinan las geoformas por medio de su Morfometría y Morfodinámica que a su vez inciden en la hidrología y cobertura.

Tabla 14.

*Descripción de condiciones biofísicas de afloramientos hídricos zona de estudio.*

| ID  | MICROCUEENCA | GEOLOGÍA         |                                                                                                                                                                                       |                   | GEOMORFOLOGÍA                    |                       | COBERTURA                    | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|-----|--------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
|     |              | FORMACIÓN        | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                             | ESTRUCTURAL       | AMBIENTE                         | UNIDAD                |                              |                                |
| AB1 | Agua blanca  | TIBU-MERCEDES    | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas. | FALLA AGUA BLANCA | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Bosque Ripario               | ANRH                           |
| AB2 | Agua blanca  | TIBU-MERCEDES    | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas. | FALLA AGUA BLANCA | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Bosque Ripario               | ANRH                           |
| AB3 | Yerbabuena   | FM TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas. | FALLA DE SERVITA  | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos |                                |

| ID  | MICROCUECNA | GEOLOGÍA         |                                                                                                                                                                                                  |                  | GEOMORFOLOGÍA                    |                       | COBERTURA                    | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|-----|-------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
|     |             | FORMACIÓN        | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                                        | ESTRUCTURAL      | AMBIENTE                         | UNIDAD                |                              |                                |
| AB4 | Yerbabuena  | FM TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas grises oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas.          | FALLA DE SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos |                                |
| AB5 | Agua blanca | RIO NEGRO        | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa. | FALLA DE SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos |                                |
| AB6 | Agua blanca | RIO NEGRO        | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa. | FALLA DE SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos |                                |

| ID  | MICROCUECNA | GEOLOGÍA         |                                                                                                                                                                                                  |                  | GEOMORFOLOGÍA                    |                       | COBERTURA                    | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|-----|-------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
|     |             | FORMACIÓN        | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                                        | ESTRUCTURAL      | AMBIENTE                         | UNIDAD                |                              |                                |
| AB7 | Yerbabuena  | FM TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas.            | FALLA DE SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos |                                |
| AB8 | Yerbabuena  | TIBU-MERCEDES    | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas.            | FALLA DE SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Bosque Ripario               |                                |
| AB9 | Yerbabuena  | RIO NEGRO        | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa. | FALLA DE SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos |                                |

| ID   | MICROCUECNA | GEOLOGÍA      |                                                                                                                                                                                       |                                  | GEOMORFOLOGÍA                                  |                       | COBERTURA                                        | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|------|-------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|
|      |             | FORMACIÓN     | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                             | ESTRUCTURAL                      | AMBIENTE                                       | UNIDAD                |                                                  |                                |
| AB10 | Yerbabuena  | TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas. | FALLA DE SERVITA                 | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL               | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Bosque Ripario                                   |                                |
| AB11 | Yerbabuena  | TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas. | FALLA DE SERVITA                 | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL               | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos                     | ANRH                           |
| AC1  | Agua Blanca | TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas. | FALLA CALICHAL-FALLA DEL SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL – DENUDACIONAL | S6:CUESTAS            | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales |                                |

| ID  | MICROCUECNA | GEOLOGÍA      |                                                                                                                                                                                       |                                  | GEOMORFOLOGÍA                                  |                                | COBERTURA                                        | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|-----|-------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|
|     |             | FORMACIÓN     | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                             | ESTRUCTURAL                      | AMBIENTE                                       | UNIDAD                         |                                                  |                                |
| AC2 | Agua Blanca | TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas. | FALLA CALICHAL-FALLA DEL SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL – DENUDACIONAL | S6:CUESTAS                     | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales |                                |
| AC3 | Agua Blanca | TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas. | FALLA DEL SERVITA                | GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL – DENUDACIONAL | S10:DOMOS / COLINAS RESIDUALES | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales |                                |
| AC4 | Agua Blanca | TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas. | FALLA DEL SERVITA                | GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL – DENUDACIONAL | S10:DOMOS / COLINAS RESIDUALES | Mosaico de pastos y cultivos                     |                                |

| ID  | MICROCUECNA | GEOLOGÍA          |                                                                                                                                                                                                   |                   | GEOMORFOLOGÍA                                  |                       | COBERTURA                                        | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|-----|-------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|
|     |             | FORMACIÓN         | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                                         | ESTRUCTURAL       | AMBIENTE                                       | UNIDAD                |                                                  |                                |
| AC5 | Agua Blanca | TIBU-MERCEDES     | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas.             | FALLA DEL SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL               | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos                     |                                |
| AC6 | Ojo de agua | FORMACIÓN CAPACHO | Arcillas negras laminadas, calizas fosilíferas, calizas y areniscas calcáreas con exogira squamata, calizas con estructura "cone in cone" y areniscas formando un nivel importante hacia la base. | FALLA DEL SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL – DENUDACIONAL | S7:CRESTAS            | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales |                                |
| AC7 | Termino     | CAPACHO           | Arcillas negras laminadas, calizas fosilíferas, calizas y areniscas calcáreas con exogira squamata, calizas con estructura "cone in cone" y areniscas formando un nivel importante hacia la base. | FALLA DEL TERMINO | GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL – DENUDACIONAL | S7:CRESTAS            | Mosaico de pastos y cultivos                     |                                |

| ID  | MICROCUCENCA | GEOLOGÍA  |                                                                                                                                                                                                   |                   | GEOMORFOLOGÍA                    |                       | COBERTURA                                        | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|-----|--------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|
|     |              | FORMACIÓN | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                                         | ESTRUCTURAL       | AMBIENTE                         | UNIDAD                |                                                  |                                |
| AC8 | Termino      | CAPACHO   | Arcillas negras laminadas, calizas fosilíferas, calizas y areniscas calcáreas con exogira squamata, calizas con estructura "cone in cone" y areniscas formando un nivel importante hacia la base. | FALLA DEL SERVITA | GEOFORMAS DE ORIGEN ALUVIAL      | F6:TERRAZAS ALUVIALES | Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales | BPT                            |
| AG1 | Yerbabuena   | RIO NEGRO | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa.  | FALLA GUASIMO     | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Bosque Ripario                                   | ANRH                           |
| AG2 | Yerbabuena   | RIO NEGRO | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa.  | FALLA GUASIMO     | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Bosque Ripario                                   | ANRH                           |

| ID  | MICROCUECNA | GEOLOGÍA  |                                                                                                                                                                                                  |               | GEOMORFOLOGÍA                    |                       | COBERTURA      | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|-----|-------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------|
|     |             | FORMACIÓN | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                                        | ESTRUCTURAL   | AMBIENTE                         | UNIDAD                |                |                                |
| AG3 | Yerbabuena  | RIO NEGRO | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa. | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Bosque Ripario | ANRH                           |
| AG4 | Yerbabuena  | RIO NEGRO | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa. | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Bosque Ripario | ANRH                           |
| AG5 | Yerbabuena  | RIO NEGRO | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa. | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Bosque Ripario | ANRH                           |

| ID  | MICROCUECNA | GEOLOGÍA      |                                                                                                                                                                                                  |               | GEOMORFOLOGÍA                    |                       | COBERTURA                    | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|-----|-------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
|     |             | FORMACIÓN     | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                                        | ESTRUCTURAL   | AMBIENTE                         | UNIDAD                |                              |                                |
| AG6 | Yerbabuena  | RIO NEGRO     | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa. | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos |                                |
| AG7 | Yerbabuena  | TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas.            | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos |                                |
| AG8 | Yerbabuena  | TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas gris oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas.            | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL | D3:COLINAS Y MONTAÑAS | Mosaico de pastos y cultivos | AAA                            |

| ID  | MICROCUEENCA | GEOLOGÍA      |                                                                                                                                                                                                  |               | GEOMORFOLOGÍA                                  |                                | COBERTURA                    | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|-----|--------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|     |              | FORMACIÓN     | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                                        | ESTRUCTURAL   | AMBIENTE                                       | UNIDAD                         |                              |                                |
| AG9 | Yerbabuena   | TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas grises oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas.          | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL               | D3:COLINAS Y MONTAÑAS          | Mosaico de pastos y cultivos |                                |
| AT1 | La Magnolia  | RIO NEGRO     | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa. | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL – DENUDACIONAL | S10:DOMOS / COLINAS RESIDUALES | Bosque Ripario               |                                |
| AT2 | La Magnolia  | RIO NEGRO     | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa. | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL               | D3:COLINAS Y MONTAÑAS          | Bosque Ripario               |                                |
| AT3 | La Magnolia  | CARBONERA     | Arcillas abigarradas, bancos de arenisca de grano fino y mantos delgados de carbón                                                                                                               | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL               | D3:COLINAS Y MONTAÑAS          | Mosaico de pastos y cultivos |                                |

| ID  | MICROCUEENCA | GEOLOGÍA      |                                                                                                                                                                                                  |               | GEOMORFOLOGÍA                                  |                                | COBERTURA                    | ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL |
|-----|--------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|     |              | FORMACIÓN     | LITOLOGÍA                                                                                                                                                                                        | ESTRUCTURAL   | AMBIENTE                                       | UNIDAD                         |                              |                                |
| AT4 | La Magnolia  | CARBONERA     | Arcillas abigarradas, bancos de arenisca de grano fino y mantos delgados de carbón                                                                                                               | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL               | D3:COLINAS Y MONTAÑAS          | Mosaico de pastos y cultivos |                                |
| AT5 | La Magnolia  | RIO NEGRO     | Areniscas blancas a grises, grano medio a grueso gradando a conglomerados que presentan localmente moscovita y moteado de materia orgánica. Intercalaciones de lutita negra, localmente arenosa. | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL – DENUDACIONAL | S10:DOMOS / COLINAS RESIDUALES | Mosaico de pastos y cultivos |                                |
| AT6 | La Magnolia  | TIBU-MERCEDES | Arcillas negras laminadas con intercalaciones arenáceas. Calizas grises oscuras, compactas, fosilíferas. Areniscas blancas cuarcíticas de grano fino a grueso, a veces conglomeráticas.          | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL – DENUDACIONAL | S10:DOMOS / COLINAS RESIDUALES | Mosaico de pastos y cultivos |                                |
| AT7 | La Magnolia  | CARBONERA     | Arcillas abigarradas, bancos de arenisca de grano fino y mantos delgados de carbón                                                                                                               | FALLA GUASIMO | GEOFORMAS DE ORIGEN ESTRUCTURAL – DENUDACIONAL | S10:DOMOS / COLINAS RESIDUALES | Mosaico de pastos y cultivos |                                |

Con los atributos físicos y mediante la metodología según IGAC (2017), se determinó que el paisaje existente en la zona de estudio es Montañoso Colinoso Estructural.

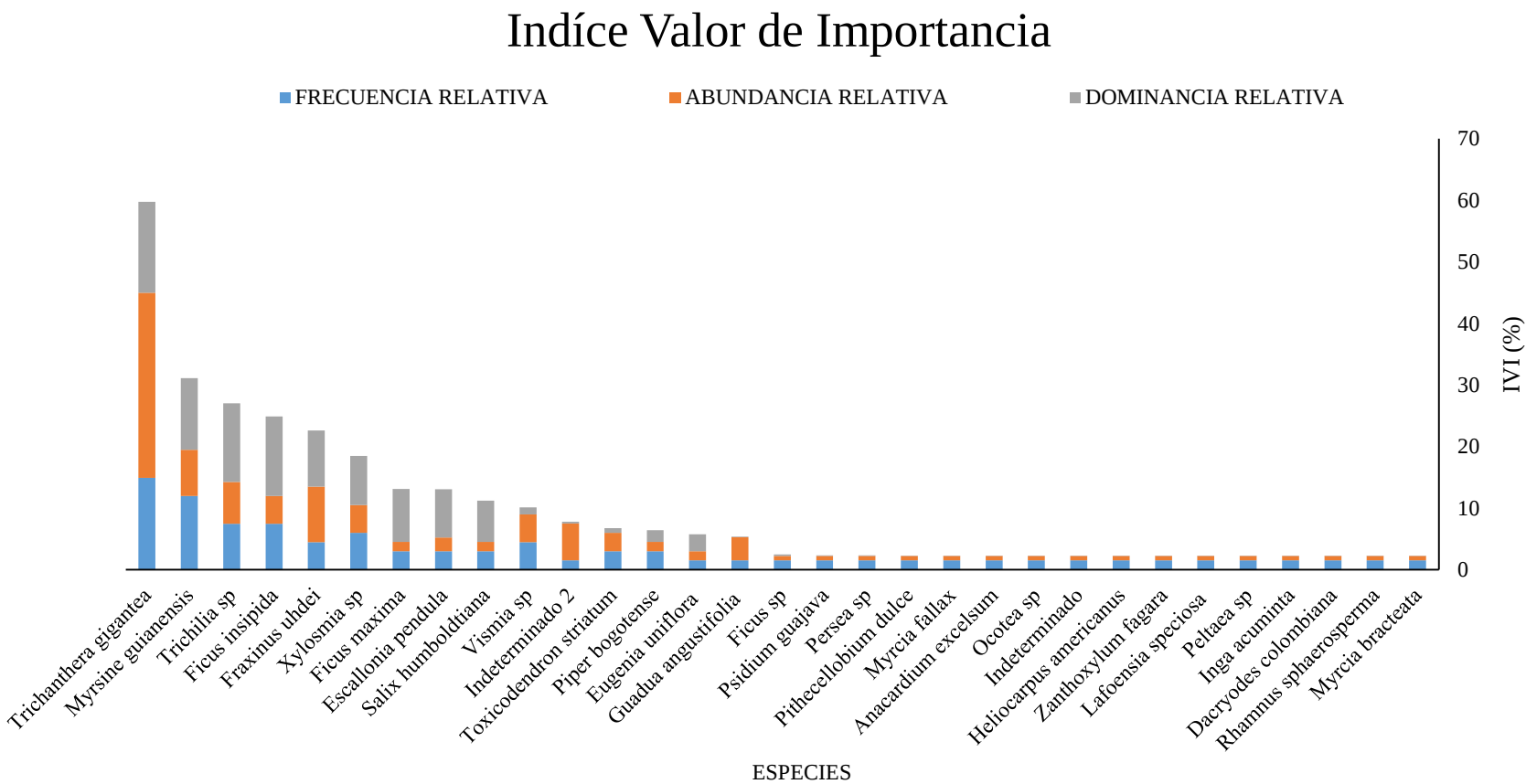
Las características de sitio muestran que las microcuencas que más tienen asociación de afloramientos hídricos es la Yerbabuena con 15, Agua blanca con 9 y Magnolia con 7, así las de menos asociación son las del Término y el Ojo de Agua con 2 y 1, respectivamente.

En relación a su origen tectónico, se encontró que la Formación TIBU-MERCEDEZ y RÍO NEGRO contienen la mayor cantidad de afloramientos con 17 y 12 siendo la más representativa respecto a las formaciones CAPACHO y CARBONERA cada una con 3 afloramientos. En la Ubicación de afloramientos en la clasificación de coberturas según Ardila y García (2010) se encontraron cinco afloramientos asociados a Mosaicos de pastos y cultivos con espacios naturales, 19 a Mosaico de Pastos y Cultivos, y 11 a Bosque Ripario. Según (Alcaldía Municipal de Málaga, 2015) en la zona de estudio se encuentran zonas de protección de suelo rural clasificadas en categorías de protección encontrando 10 afloramientos asociados a estas áreas. Las categorías asociadas afloramientos son Microcuencas y Áreas Abastecedoras de Acueductos (AAA) con 1, Áreas periféricas a nacimientos de agua y áreas forestales protectoras de cursos de agua (ANRH) con 8, Áreas de Bosques Protectores (BPT) con 1.

### **5.3 Índice de Valor de Importancia de especies vegetales en zona de estudio.**

5.3.1 Índice de valor de importancia componente Fustal en zona de estudio

Figura 7. Índice de valor de importancia componente Fustal en zona de estudio.



### 5.3.1 Índice de valor de importancia componente Latizal en zona de estudio.

Figura 8. Índice de valor de importancia componente Latizal en zona de estudio



Al cumplir con la metodología propuesta, se analizó el IVI en el mismo hábitat o paisaje, que previamente se había identificado como paisaje Montañoso Colinoso Estructural, que por sus condiciones altitudinales propias de los 1500 a 2000 m.s.n.m. se encuentran en una zona de vida de Bosque Húmedo Premontano (bh-PM) (Alcaldía Municipal de Málaga, 2003).

En la figura 7, se muestra al *Trichanthera gigantea* con 59,73%, seguido del *Myrsine guianensis* con 31,09% y *Trichilia sp* con 27,02%, como las especies de mayor importancia en el componente fustal, en la zona de estudio. Otras especies como el *Dacryodes cf colombiana* e *Inga acuminta* son menos representativas en la zona de estudio.

En la figura 7, se muestra al *Tessaria integrifolia* con 35,7 %, seguido del *Piper bogotense* con 33,05% y *Trichanthera gigantea* con 26,86%, como las especies de mayor importancia en el componente latizal, en la zona de estudio. Otras especies menos representativas son *Solanum sp* y *Maclura tinctoria*.

#### **5.4 Cálculo de Índices de Diversidad de la vegetación presente en zona de estudio.**

En la tabla 15, se realizó la medición de los componentes vegetativos fustal, latizal y brinzal, con análisis de índices de riqueza específica, dominancia y equidad. Los resultados muestran un total de 1948 individuos y 76 especies, siendo estos medidos sin tener en cuenta los criterios de medición en fustal, latizal o brinzal, tomando solamente el número de individuos como variable para determinar la diversidad. También se realizaron Índices de diversidad en cada afloramiento (apéndice).

Tabla 15.

*Índice de diversidad de vegetación en todas las parcelas.*

| Índices de Diversidad                |                            | Valores |
|--------------------------------------|----------------------------|---------|
| <b>Índices de Riqueza específica</b> | Número de individuos       | 1948    |
|                                      | Riqueza Especifica         | 76      |
|                                      | Índice de Margaleff        | 9,90    |
| <b>Dominancia</b>                    | Índice de Simpson          | 0,88    |
| <b>Equidad</b>                       | Índice de Shannon - Wiener | 2,86    |

**5.4.1 Cálculo de Índice de Diversidad de la vegetación por cotas.** La medición de diversidad diferenciada en intervalos altitudinales de 100 m, permite obtener valores en función de su rango altitudinal y analizar los patrones arrojados.

En la tabla 16, los resultados arrojados muestran que las cotas con mayor riqueza específica fueron las cotas 1800 a 1900 con 44 y 1900 a 2000 con 34 especies, respectivamente, siendo la cota con menos representatividad 1600 a 1800. En las cotas con mayor número de individuos son la 1600 a 1700 con 634 y 1900 a 2000 con 607 y la menos representativa la cota 1700 a 1800.

Tabla 16.

*Índices de diversidad de vegetación por parcelas entre cotas.*

| Índice de diversidad de vegetación en parcelas entre cotas 1600 - 1700 |                            |       |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------|
| Índices de Diversidad                                                  |                            | Valor |
| <b>Índices de Riqueza específica</b>                                   | Número de individuos       | 634   |
|                                                                        | Riqueza Especifica         | 22    |
|                                                                        | Índice de Margaleff        | 3,25  |
| <b>Dominancia</b>                                                      | Índice de Simpson          | 0,71  |
| <b>Equidad</b>                                                         | Índice de Shannon - Wiener | 1,72  |

| Índice de diversidad de vegetación en parcelas entre cotas 1700 - 1800 |                            |       |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------|
| Índices de Diversidad                                                  |                            | Valor |
| Índices de Riqueza específica                                          | Número de individuos       | 264   |
|                                                                        | Riqueza Especifica         | 19    |
|                                                                        | Índice de Margaleff        | 3,22  |
| Dominancia                                                             | Índice de Simpson          | 0,83  |
| Equidad                                                                | Índice de Shannon - Wiener | 2,21  |
| Índice de diversidad de vegetación en parcelas entre cotas 1800 - 1900 |                            |       |
| Índices de Diversidad                                                  |                            | Valor |
| Índices de Riqueza específica                                          | Número de individuos       | 443   |
|                                                                        | Riqueza Especifica         | 44    |
|                                                                        | Índice de Margaleff        | 7,05  |
| Dominancia                                                             | Índice de Simpson          | 0,92  |
| Equidad                                                                | Índice de Shannon - Wiener | 2,91  |
| Índice de diversidad de vegetación en parcelas entre cotas 1900 - 2000 |                            |       |
| Índices de Diversidad                                                  |                            | Valor |
| Índices de Riqueza específica                                          | Número de individuos       | 607   |
|                                                                        | Riqueza Especifica         | 34    |
|                                                                        | Índice de Margaleff        | 5,14  |
| Dominancia                                                             | Índice de Simpson          | 0,89  |
| Equidad                                                                | Índice de Shannon - Wiener | 2,61  |

**5.4.2 Relación entre la vegetación y Caudales en los Afloramientos Hídricos.** La relación se hace para afloramientos con establecimiento de parcelas y sus respectivos caudales, tomando el número de individuos de la suma de los componentes Fustal y Latizal, ya a que estos tienen una copa y sistema radicular más desarrollado que el Brinzal, siendo con probabilidad los que más inciden en la regulación del recurso hídrico.

Tabla 17.

*Relación entre número de individuos y su caudal*

| ID  | Nº Individuos | Caudal (L/s) |
|-----|---------------|--------------|
| AB1 | 38            | 250,88       |
| AB8 | 101           | 73,17        |
| AC1 | 15            | 34,38        |
| AB3 | 23            | 6,03         |
| AT6 | 22            | 0,36         |
| AB7 | 25            | 0,13         |
| AT3 | 11            | 0,08         |
| AG3 | 30            | 0,06         |
| AT4 | 12            | 0,06         |
| AG2 | 17            | 0,05         |
| AB5 | 12            | 0,05         |
| AC8 | 23            | 0,04         |
| AC5 | 18            | 0,01         |

En la Tabla 17 se evidencian dos afloramientos con valores atípicos el AB1 con un caudal de 250 (L/s) y con 38 individuos, cabe aclarar las condiciones específicas del afloramiento, es la asociación a gramíneas de alto porte como las guaduas, y una litología con alta presencia de calizas, que con sus raíces forman un sistema entretejido que amarra el suelo y evita la percolación del agua, siendo una excelente canalizadora del recurso, gracias a que tiene la propiedad de almacenar agua en su tallo. El segundo dato atípico arrojado es el afloramiento AB8 con un caudal de 73,17 (L/s) y el mayor número de individuos arbóreos con 101 y 73,17 (L/s). Los caudales más bajos se encuentran en las veredas Calichal, con 0,04 y 0,01 (L/s).

Estos resultados implican, que no necesariamente una mayor diversidad determina un mayor caudal o que necesariamente sean especies arbóreas las asociadas a los afloramientos.

## **6 Análisis de Resultados**

### **6.1 Análisis de Categorías Biofísicas en la zona de estudio.**

**6.1.1 Unidad Geomorfológica de Paisaje.** Determinada la clasificación de paisaje en el área de estudio, refleja un paisaje montañoso colinoso estructural plegado, producto de la orogénesis, con ambientes morfogenéticos denudacionales y estructurales. Esto produce un relieve quebrado a ondulado con variaciones altitudinales, que unido a condiciones de temperatura y precipitación, determinan la zona de vida Bosque húmedo Premontano (Holdridge, 1987), que sujeto a la metodología de establecimiento de parcelas (Gentry, 1982), permite desarrollar la técnica de recopilación de información, al cumplir el parámetro de estar en un mismo paisaje o hábitat.

**6.1.2 Microcuencas.** Los afloramientos con respecto a las microcuencas encontradas, (Ver Apéndice 2) en la parte baja del municipio, los cuales le aportan corrientes de agua, evidencian que la microcuenca Agua blanca, es la que mayor recibe caudal en promedio de (24.39 L/S), probablemente debido a su delimitación de divisoria de aguas, la cual es la que mayor posee red de drenajes y torrencialidad, dado a su orografía; así mismo la microcuenca de El Término es la que capta el menor aporte del caudal en promedio de (0.023 l/s), ya que se encontraron solo 2 afloramientos en esta zona, esto debido a que la línea de divorcio se encuentra entre límites de los municipios de Málaga y Concepción, según el EOT.

**6.1.3 Geología.** La formación geológica TIBU-MERCEDEZ es la más representativa en la zona de estudio, con 17 afloramientos hídricos y un área 3154.04 ha (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), donde debido a su origen litológico compuesto por lutitas oscuras y calizas grises, las cuales por su compuesto químico  $\text{CaCO}_3$  o carbonato de calcio, puede ser disuelto en agua ligeramente ácida (Muñoz y Ritter, 2005). Esto forma conductos y cavernas que forman ríos subterráneos, que afloran a la superficie en puntos carsticos en forma de fuentes, abarcando desde acuitardados hasta llegar a formar acuíferos. Estos nacimientos pueden no tener relación alguna con la vegetación como en el caso del afloramiento AC2.

La formación RÍO NEGRO, es la segunda con más afloramientos hídricos con 12 en un área 270,06 ha. El origen litológico compuesto por bancos de areniscas, lutitas oscuras y conglomerados con alto grado de fracturación, generan en las zonas con alto grado de fracturación, la formación de acuíferos al romperse la roca y llenar sus cavidades de agua, sobre una roca no soluble y aflorar a la superficie en puntos de saturación (Muñoz y Ritter, 2005).

Una menor representación se da en las formaciones CAPACHO con tres afloramientos, en un área 92,05 ha y un origen litológico compuesto por calizas fosilíferas con delgados niveles de calizas fibrosas y de calizas con estructuras, para la formación de acuíferos. La CARBONERA con un área de 74,02 ha y tres afloramientos con origen litológico de arcillas vari coloreadas con esporádicos bancos de arenisca de grano fino, algo sucias, con estratificación cruzada y lentes carbonosos, que forman estructuras acuitardados (Muñoz y Ritter, 2005).

**6.1.4 Cobertura.** La cobertura mosaico de pastos y cultivos, es la de mayor área con 664.63 ha y de 18 afloramientos asociados en la zona de estudio. Debido a las actividades antrópicas y su expansión de frontera agrícola y ganadera, nos da a entender que los afloramientos poseen un alto grado de vulnerabilidad, debido a los procesos erosivos y la baja cobertura arbórea, permitiendo que no se forme un flujo preferencial y se genere una mayor evaporación del recurso hídrico; contrario a lo que se evidencia en la cobertura de bosques riparios con un área de 183.09 ha, según Ardila y García (2010). En relación a la diversidad arbórea de la zona, se encuentra menos del 20% de la vegetación original remanente (Alcaldía Municipal de Málaga, 2015).

**6.1.5 Estructura Ecológica Principal.** En el área de estudio se encontraron zonas de especial importancia ecosistémica representadas en el ordenamientos de recursos ambientales según (Alcaldía Municipal de Málaga, 2015) ; las zonas de gran importancia fueron, las áreas periféricas a nacimientos de agua y áreas forestales protectoras de cursos de agua (ANRH), con 8 afloramientos hídricos y un área de 108.4 ha, cumple una función ecosistémica, por su interés público en relación con la oferta del recurso hídrico para el abastecimiento de las comunidades.

Las áreas abastecedoras de Acueductos (AAA) representan un área 1.8 ha con 1 afloramiento hídrico, éste servicio es de mayor importancia, ya que permite cubrir las necesidades de agua potable para la población. Por último, encontramos las áreas de Bosques Protectores (BPT) con un área 151.7 ha y 1 afloramiento hídrico, albergando la arboles y arbustos autóctonos, generados espontáneamente por sucesión natural (Alcaldía Municipal de Málaga, 2015).

Esto implica que son zonas que hacen parte de las categorías de protección y conservación, que por sus características se restringe cualquier proceso de construcción y parcelamiento. Cabe resaltar que el afloramiento AB1 con mayor caudal, con 250 (L/s) se encuentra en la zona ANRH.

## 6.2 Análisis de Índice Valor de Importancia en la zona de estudio.

El índice de valor de importancia del componente fustal muestra que el *Trichanthera gigantea* es la especie con mayor peso ecológico en toda el área de estudio, esto puede que se deba a que el árbol en sus principales usos, por su naturaleza fisiológica se adapta muy bien a la protección de nacimientos de agua (López, Duarte, y Alexyander, 2016). El mayor rango de peso ecológico también se deba a que la planta tiene su origen aparentemente en el norte de los andes, más específicamente en Colombia ya a que se presenta un alto grado de endemismo (Rodríguez, Martín, y Godínez, 2013).

Junto al *Trichanthera gigantea* están las especies subdominantes en valores de peso ecológico como *Myrsine guianensis* y *Trichilia sp* que concuerdan efectivamente con la formación vegetal de composición florística establecida para las zonas de vida Bosque Húmedo Premontano del municipio (Alcaldía Municipal de Málaga, 2003). La suma de estas tres especies relevantes, equivalen al 39.28 % del peso ecológico total en relación al resto de especies presentes.

El índice de valor de importancia del componente latizal, arroja que la especie con mayor peso ecológico es la *Tessaria integrifolia* esto puede que se deba a que es una especie pionera que coloniza rápidamente, crece y se propaga a orillas de los ríos, lagunas, arroyos, etc, formando rodales gracias a su raíces gemíferas (Hermida, 2016), donde según Blog (2014) es una adaptación de las raíces donde por lo general son muy gruesas y ayudan a la reserva de sustancias nutritivas y tienen la peculiaridad de crecer paralelas a la superficie y tener yemas que originan nuevas plantas. Son una característica muy eficaz en un organismo a la hora de invadir un territorio.

Es por eso que lo anterior se ve, reflejado en la gráfica, donde se observa que es la abundancia relativa la que mayor incide es su peso ecológico, es por eso que a pesar de formar rodales no afecta en la diversidad general.

Junto al *Tessaria integrifolia* están las especies subdominantes en valores de peso ecológico como *Piper bogotense* y *Trichanthera gigantea* que concuerdan efectivamente con la formación vegetal de composición florística establecida para las zonas de vida Bosque Húmedo Premontano del municipio (Alcaldía Municipal de Málaga, 2003).

### **6.3 Análisis Índices de Diversidad de la vegetación presente en zona de estudio.**

**6.3.1 Índices de Riqueza Específica.** Según el cuadro de referencia usado para analizar el índice de Margalef, arroja un valor de 9.92 que indica una alta diversidad florística. Probablemente, este valor determinado, se deba a que no se diferenció la muestra por estratos, si no que se tomó un valor, el número de cada individuo. Así como según Moreno (2001) lo afirma ya que se basa únicamente en el número de especies presentes sin tomar en cuenta el valor de importancia de la misma (Sonco, 2013). El problema al comparar las comunidades mediante la riqueza de especies es que esta dependa del tamaño de la muestra es decir del número de individuos analizados según (Sonco, 2013).

**6.3.2 Índice de Dominancia.** Según el cuadro de referencia establecido para el análisis de la diversidad mediante índice de Simpson nos muestra una diversidad alta ya a que su valor es de 0,88 acercándose a uno. Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes o comunes en cada una de las parcelas.

**6.3.3 Índice de Equidad.** Expresan la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra según Shannon - Wiener los valores de la zona de estudio son de 2.21 lo que indica una diversidad media, según las tablas de análisis de valores. Algunas especies como *Trichanthera gigantea*, *Myrsine guianensis*, *Trichilia sp* y *Piper bogotense* están representadas en la mayoría de las parcelas muestreadas aumentando la equidad de la vegetación presente.

#### **6.4 Análisis de Índices de Diversidad por variable altitudinal presente en zona de estudio.**

En el análisis por variación altitudinal no se encontraron diferencias entre ellas, los índices de riqueza específica en las cuatro variables altitudinales mostraron una muy alta diversidad según la tabla de interpretación (González, 2006). Igualmente, los índices de equidad y dominancia muestran valores de muy alta diversidad.

En la diversidad por cotas, las de mayor altura son las que conservan más diversidad de especies vegetales. Esta diversidad es importante por sus efectos positivos en la estabilidad de los ecosistemas, generando una variabilidad genética que ayuda a evitar la vulnerabilidad de plagas y enfermedades, que puedan deteriorar la cantidad de caudal por pérdida de cobertura, afectando la calidad de servicios ecosistémicos que presta.

## 7 Discusión

Se encontraron 35 afloramientos hídricos, una cantidad media de afloramientos hídricos en comparación con los 240 encontrados por (Cárdenas y Herrera, 2018) y los 14 de (Sierra y Veloza, 2019).

Los resultados obtenidos son comparados con estudios en la misma zona de vida. A nivel de caracterización florística en índices de valor importancia, son especies como *Ficus insípida*, *Trichanthera gigantea*, *Trichilia sp*, que tienen un mayor peso ecológico de 111.5 %, y son similares con los resultados obtenidos en la tesis de grado (Guiza y Melendez, 2018), donde el valor de estas especies de 62% del peso ecológico, solo es diferenciado en la especie de mayor peso ecológico arrojado por su estudio, que fue la *Escallonia pendula*. Cabe resaltar que las parcelas de medición desarrolladas para el muestreo, era la propuesta del IDEAM con el Inventario Forestal Nacional, y no estaba asociada a nacimientos de agua si no al estado de coberturas arbórea.

Los índices de diversidad analizados para catalogar los afloramientos hídricos, en general y por variaciones altitudinales de 100 m, se encuentran en contraste rangos en los índices de riqueza específica, dominancia y equidad en una zona de vida igual en tesis de grado realizado (Guiza y Melendez, 2018) y (Gutierrez y Paez, 2018), donde ellos aplican los índices a cada componente vegetal y no diferenciado como este estudio.

Con respecto a los afloramientos hídricos georreferenciados se encontró que en su gran mayoría no se encuentran cerco perimetral y se encuentran desprotegidos permitiendo el paso de ganado, contrastando con las tesis de grado (Sierra y Veloza, 2019) y (Cárdenas y Herrera, 2018), que si contaban con cerco perimetral en su gran mayoría.

## 8 Conclusiones

Se georreferenciaron, describieron y digitalizaron mediante archivos vectoriales y ráster 35 afloramientos hídricos, 26 con medición del caudal y 17 con establecimiento de parcelas.

Mediante IVI se determinaron las especies de mayor peso ecológico en la zona de estudio, entre las cuales se encuentran: *Trichanthera gigantea*, *Myrsine guianensis*, *Trichilia sp*, *Ficus insípida*, *Tessaria integrifolia*, *Piper bogotense*.

Los índices de diversidad por riqueza específica, dominancia y equidad, para los afloramientos hídricos en la zona de estudio, indica en general altos valores de diversidad. Por otra parte, la mayor diversidad por diferencia de alturas de 100 m, es entre 1800 a 2000 m.s.n.m, y la menor entre 1600 y 1800 m.s.n.m.

Se implementaron componentes del SIG, para la determinación del paisaje y así poder, conocer la estrecha relación que tienen todos los componentes geológicos y como estos definen la hidrología asociada a los suelos, que por sus orígenes litológicos de texturas más permeables o semipermeable, lo cual permite definir su naturaleza de acuífero o acuitardados. Igualmente, los componentes determinaron que diez afloramientos hídricos se encuentran en la categoría Estructura Ecológica Principal y el tipo de cobertura asociada a cada afloramiento.

Posiblemente la cantidad de afloramientos georreferenciados tienen un tipo de flujo permanente ya a que no se encuentran influenciados por los dos periodos de lluvias que se presentan en el municipio entre los meses de Abril a Mayo y Septiembre a Noviembre (Alcaldía Municipal de Málaga, 2003).

## **9 Recomendaciones**

Efectuar charlas de educación ambiental a las comunidades de las veredas con entes e instituciones competentes, enfocadas a la protección y conservación de las fuentes hídricas.

Reforestar cada uno de los afloramientos hídricos identificados con especies forestales, las cuales cumplan la función con excelencia de regulación y conservación del recurso hídrico.

Realizar un estudio sobre programas de concesiones de agua en las veredas del municipio, para saber de qué manera se está utilizando el recurso hídrico y así plantear una distribución equitativa del mismo, al articular sistemas de producción agropecuarios sostenibles, con el fin de reducir la presión generada por factores externos en los afloramientos hídricos.

Realizar el cercamiento de los afloramientos hídricos con un sistema de cerca viva, el cual consiste en hacer el cercamiento temporal con tinales delimitando el área definida para su conservación y posteriormente realizar la plantación de árboles con la finalidad de remplazar los tinales.

Definir el acotamiento de las rondas hídricas para la conservación y preservación del recurso agua, en base al decreto 2245 del 29 de diciembre del año 2017.

### Referencias bibliográficas

- Alarcón J. (2017). *El cambio climático como factor transformador del territorio* (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá DC, Colombia.
- Alcaldía Municipal de Málaga. (2003). *Esquema de Ordenamiento Territorial Málaga Santander 2003*. Recuperado de [http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/M/Málaga\\_-\\_santander\\_-\\_eot\\_-\\_2003/Málaga\\_-\\_santander\\_-\\_eot\\_-\\_2003.asp](http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/M/Málaga_-_santander_-_eot_-_2003/Málaga_-_santander_-_eot_-_2003.asp)
- Alcaldía Municipal de Málaga. (2015). *Revisión Excepcional del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Málaga Departamento de Santander, Colombia*. Recuperado de [https://notinet.com.co/verdes\\_impuesto.php?taxesdep=4836](https://notinet.com.co/verdes_impuesto.php?taxesdep=4836).
- Álvarez, M., Villareal, H., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., et al. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Recuperado de <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31419/63.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ardila, y García. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia: Escala 1: 100.000*. Bogotá DC, Colombia: IDEAM.
- Barrera, S. (2003). *Caracterización y ubicación de los afloramientos de agua en la parte alta del municipio de Málaga* (Tesis pregrado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Santander, Colombia.
- Camargo, G. (2005). *Caracterización y ubicación de los afloramientos de agua en la parte media y baja del municipio de Málaga* (Tesis Pregrado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Colombia.
- Cantillo, E., Rodríguez, K., y Avella, A. (2004). Caracterización florística, estructural, diversidad y ordenación de la vegetación en la Reserva Forestal Cápatos, Guasca, Cundinamarca. *Colombia forestal*, 8(17), 21.
- Cárdenas, J., y Herrera, J. (2018). *Caracterización Florística y Georreferenciación de los Afloramientos Hídricos comprendidos en las veredas de la parte alta del municipio de Málaga, Santander, Colombia*. (Tesis Pregrado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Santander, Colombia.
- Carmona, A., y Monsalve, J. (1999). *Sistemas de información geográficos*. Recuperado de: <https://dds.cepal.org/infancia/guia-para-estimar-la-pobreza-infantil/bibliografia/capitulo-IV/Carmona%20Alvaro%20y%20Monsalve%20Jhon%20%281999%29%20Sistemas%20de%20informacion%20geografica.pdf>.

- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto de Ley 2811, Diario oficial 34.243 (27 de Enero de 1974).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 1449, Diario Oficial No. 34.827 (18 Julio de 1977).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 1715, Diario Oficial No 35.070 (8 de Agosto. 1978).
- Colombia. Leyes y Decretos, Ley 99, Diario Oficial No 41.146 (22 de diciembre de 1993).
- Colombia. Leyes y Decretos, Ley 373, Diario oficial No 41.146 (11 de junio de 1997).
- Colombia. Leyes y Decretos, Ley 388, Diario oficial No. 43.127 (12 de septiembre de 1997).
- Colombia. Leyes y Decretos, Ley 629, Diario Oficial No 44.272 (27 de diciembre de 2000).
- Colombia. Leyes y Decretos, Resolución 0769, Diario Oficial No 44916 (29 de agosto de 2002).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 155, Diario Oficial No 46.153 (16 de enero de 2004).
- Colombia. Leyes y Decretos, Ley 1021, Diario Oficial No 46.249 (24 de abril de 2006).
- Colombia. Leyes y Decretos, Resolución 872, Diario Oficial No 46.327 (12 de julio de 2006).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 1323, Diario Oficial No 46. 604 (19 de abril de 2007).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 2820, Diario Oficial No 47.792 (5 de agosto de 2010).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 3930, Diario Oficial No 47.873 (5 de 25 de octubre 2010).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 1640, Diario Oficial No 48.510 (2 de agosto de 2012).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 2667, Diario Oficial No 48.651 (21 de diciembre de 2012).
- Colombia. Leyes y Decretos, Resolución 509, Diario Oficial No 48.803 (3 de abril de 2013).
- Colombia. Leyes y Decretos, Resolución 1907, Diario Oficial No 49046 (27 de enero de 2014).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 1076, Diario Oficial No 49523 (26 de mayo de 2015).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 2245, Diario Oficial No 50.461 (29 de diciembre de 2017).
- Colombia. Leyes y Decretos, Decreto 3930, Diario Oficial No 47837 (25 de octubre de 2010).
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Delgado, M., y Besteiro, S. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/153563964.pdf>

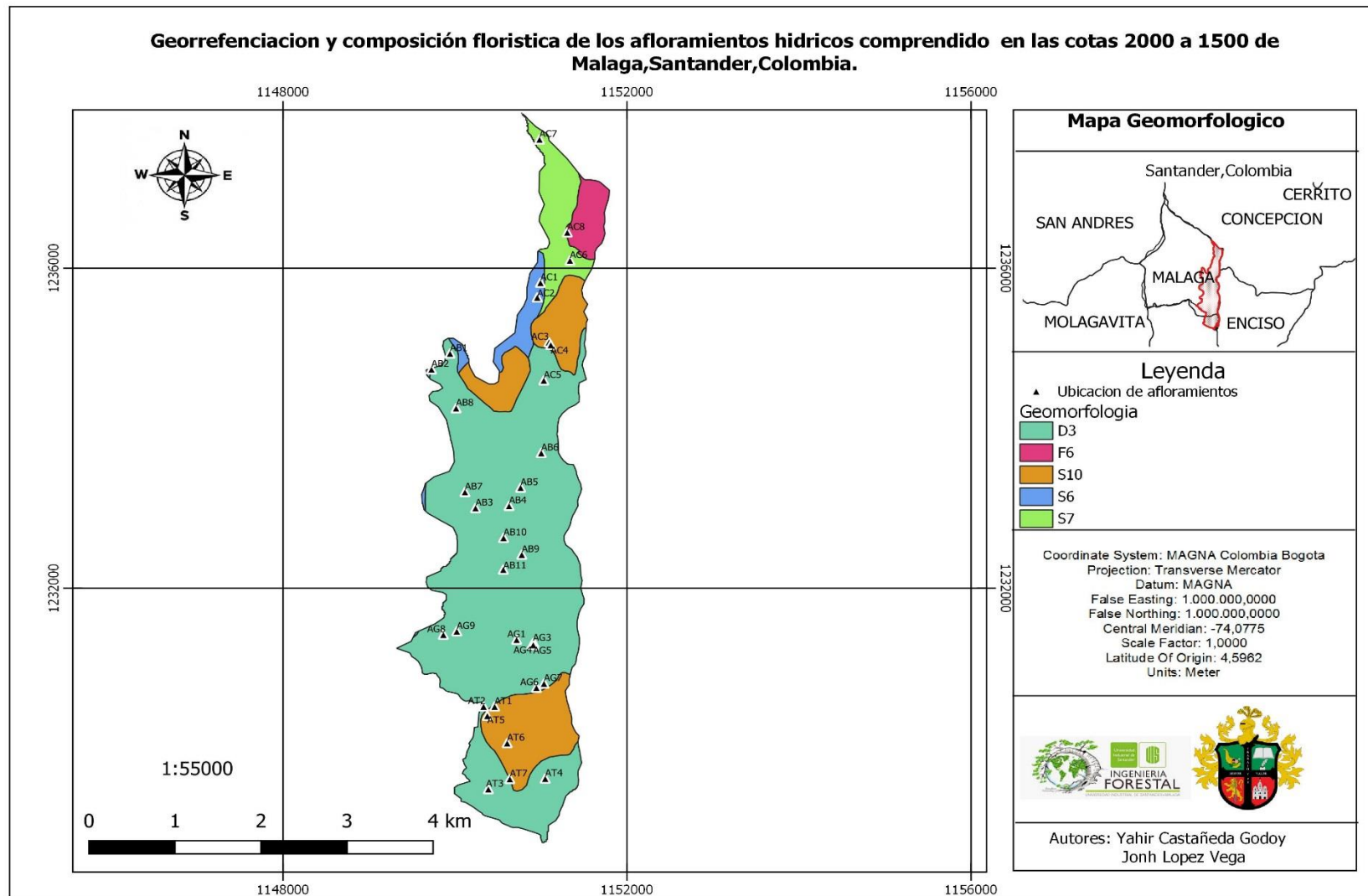
- Gentry, A. (1982). *Patterns of neotropical plant species diversity*. New York, USA: Springer. Recuperado de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-6968-8\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-6968-8_1).
- Gobierno Digital. (2018). *Alcaldía Municipal de Málaga Santander*.: Dasigno. Recuperado de <http://www.Málaga-santander.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- González, A. (2006). *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá DC, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- González, A., y Ramírez, J. (2014). *Manual Piragüero-Medición del caudal*. Medellín, Colombia: Corantioquia.
- Guiza, F., y Meléndez. (2018). *Caracterización florística y estructural de las áreas boscosas ubicadas en la microcuenca Agua Blanca, municipio de Málaga, Santander, Colombia*. (Tesis de Pregrado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Santander, Colombia.
- Gutiérrez, J., y Páez, S. (2018). *Caracterización Florística del Bosque Húmedo Premontano del Municipio de San Miguel (Santander)*. (Tesis Pregrado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Santander, Colombia.
- Hamilton, L., y King, P. (1983). *Tropical forested watersheds: hydrologic and soils response to major uses or conversions*. Recuperado de <http://coweeta.uga.edu/publications/1026.pdf>.
- Hermida. (2016). *Aliso de río / Suncho / Palo bobo*. Recuperado de <http://arbolesdelchaco.blogspot.com/2016/04/aliso-de-río-suncho-palo-bobo.html>
- Herrera, L. (2017). *Evaluación del estado actual y caracterización de las zonas de recarga del municipio de San José de Miranda departamento de Santander Colombia*. (Tesis Pregrado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Santander.
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica: Agroamérica.
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Recuperado de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA\\_2014.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf).
- IDEAM. (2015). *Sistema de Información de Recurso Hídrico - SIRH*. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1958-sistema-de-informacion-del-recurso-hidrico-sirh>
- IGAC. (2017). *Elaboración de Cartografía Geomorfológica Aplicada a levantamientos de Suelos*. Recuperado de <http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/procedimientos%202008/2017/M40700-02-17%20V1%20Elaboracion%20de%20cartografia%20geomorfologica%20aplicada%20a%20levantamientos%20de%20suelos%20f.pdf>

- La Bodega Vivero (2014). *Hablemos de... Raíz: función, estructura y adaptaciones*. Caroya Córdoba: Argentina. Recuperado de <http://hablemosprofe.blogspot.com/2014/09/raiz-funcion-estructura-y-adaptaciones.html>
- Londoño, C. (2001). *Cuencas hidrográficas: Bases conceptuales-caracterización planificación-administración*. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
- López, E., Duarte, Z., y Alexyander, V. (2016). *Efectos de Fertilización Orgánica y Sintética en el Desarrollo de Forraje Nacedero (Trichanthera gigantea) en la Finca Buena Vista, San Ramón Matagalpa, Primer Semestre*. Recuperado de <http://repositorio.unan.edu.ni/3094/1/5626.pdf>
- Melo, O. (2000). *Evaluación ecológica y silvicultural de los fragmentos de vegetación secundaria, ubicados en áreas de bosque seco tropical en el norte del departamento del Tolima* (Tesis Pregrado). Universidad del Tolima, Tolima, Colombia.
- Melo, O., y Vargas, R. (2003). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Ibagué, Tolima, Colombia: Universidad del Tolima, CRQ, CORPOCALDAS, CORPOTOLIMA.
- Mendoza. (2008). *Methodology for the vulnerability analysis of the hydric resource for human consumption; application and determination of adaptation measures in the Copán river sub watershed, Honduras*. Turrialba, Costa Rica: CATIE
- Mendoza, Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad*. Recuperado de <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medir-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
- Moreno, C. (2001). *Manual de métodos para medir la biodiversidad*. Veracruz, Mexico: Universidad Veracruzana.
- Muñoz, R., y Ritter, A. (2005). *Hidrología agroforestal*. EE UU: Mundi-Prensa.
- Noss, R. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*, 4(4), 355-364.
- Owen, O. (2008). *Conservación de recursos naturales*. Mexico DF: Editorial Pax México.
- QGIS. (2015). QGIS geographic information system. *Open Source Geospatial Foundation Project, Versão*, 2(7).
- Rodríguez, M., Martín, G., y Godínez, F. (2013). *Estación Experimental de Pastos y Forrajes*. Habana, Cuba: Indio Hatuey.

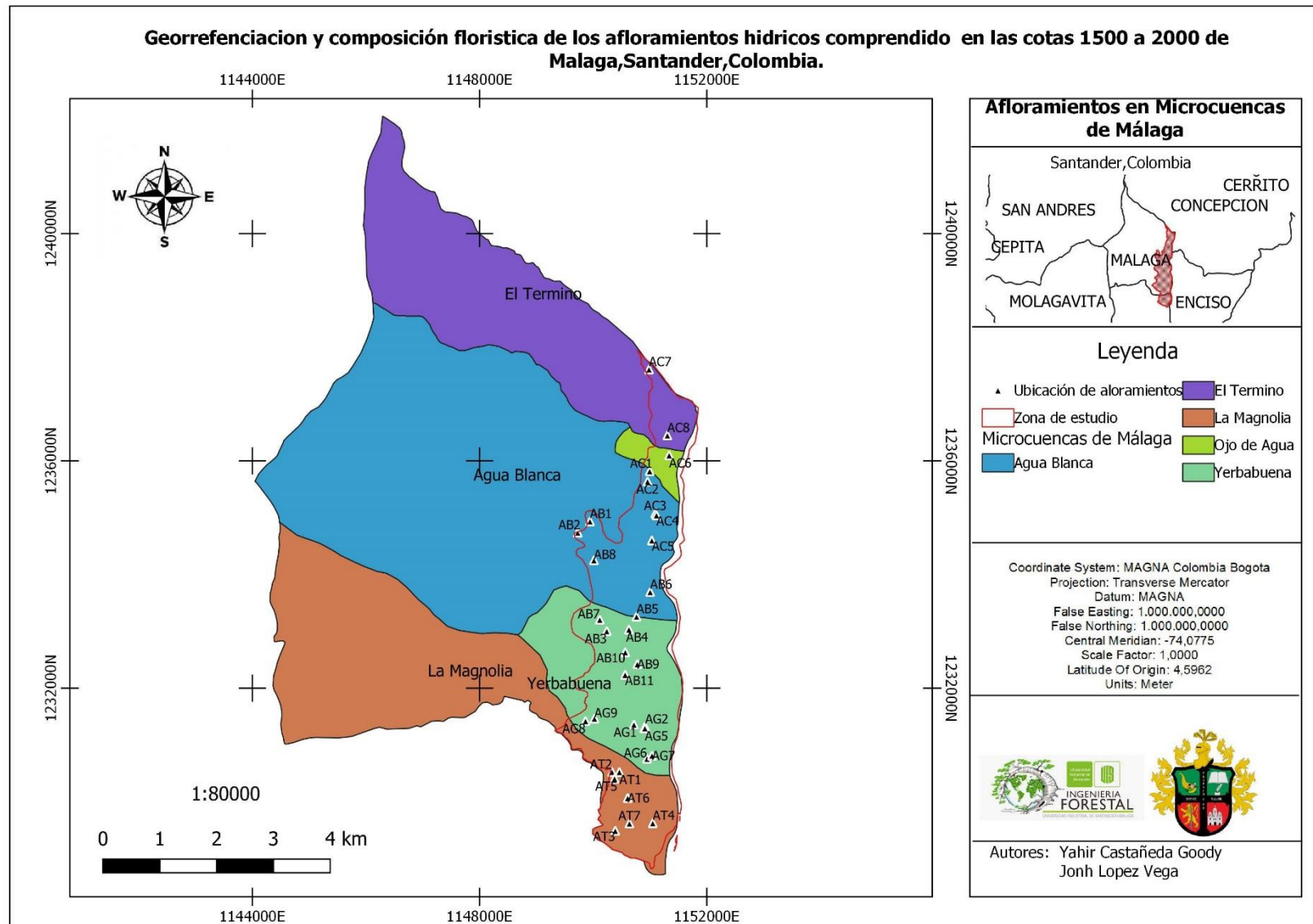
- Saavedra, C. (2009). *El manejo, protección y conservación de las fuentes de agua y recursos naturales*. Recuperado de <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/1ebab9c614ea59c9de0d3a044f34c1f5.pdf>.
- Sierra, S., y Veloza, Y. (2019). *Caracterización y georreferenciación de los afloramientos hídricos comprendidos en las veredas de la parte media del municipio de Málaga, Santander*. (Tesis de Pregrado), Universidad Industrial de Santander, Málaga, Colombia.
- Sonco, R. (2013). *Estudio de la diversidad alfa y beta en tres localidades de un bosque montano en la región de Madidi, La Paz, Bolivia*. (Tesis de pregrado), Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Vílchez, L. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

## Apéndices

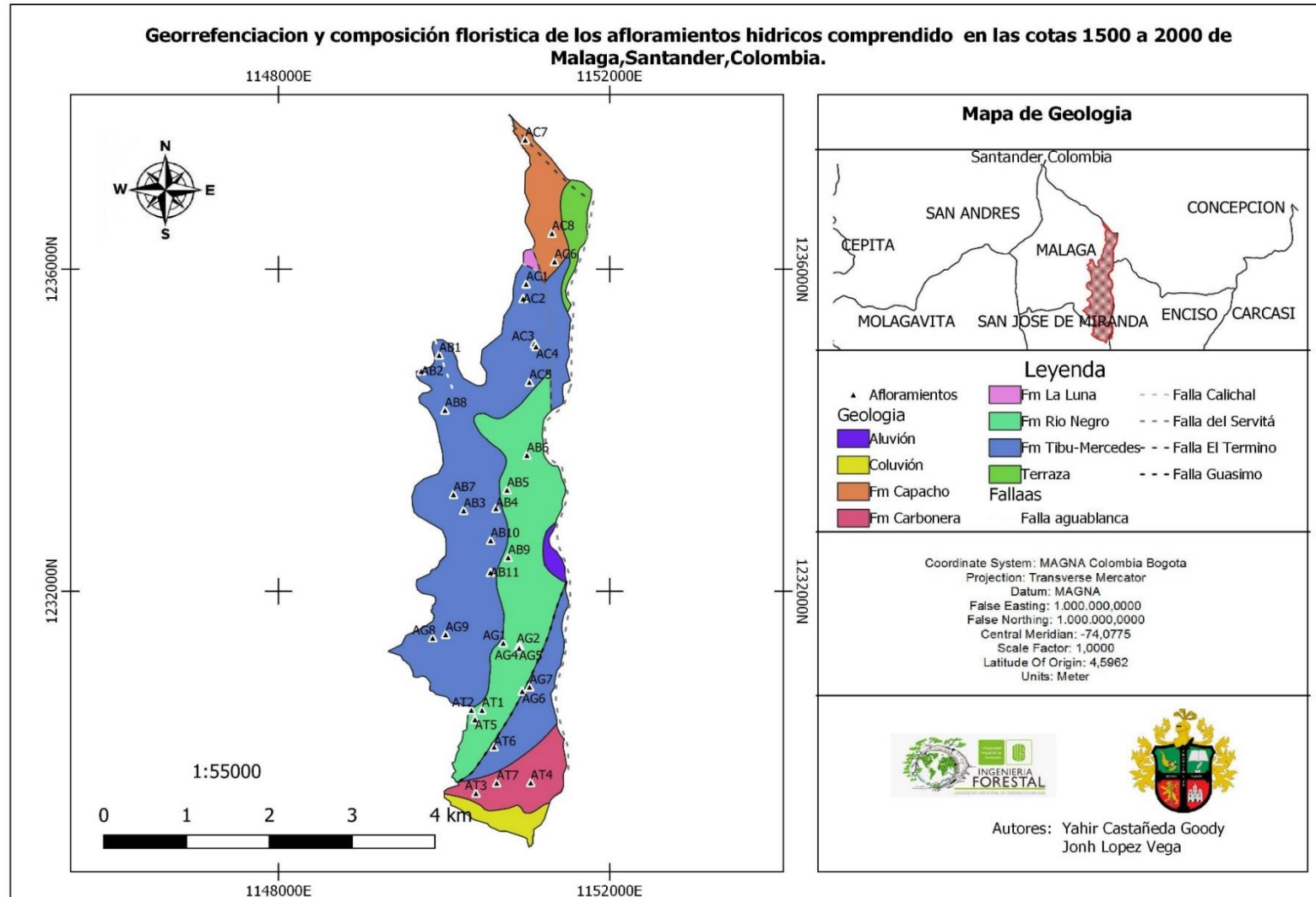
Apéndice A. Mapa geomorfológico del área de estudio.



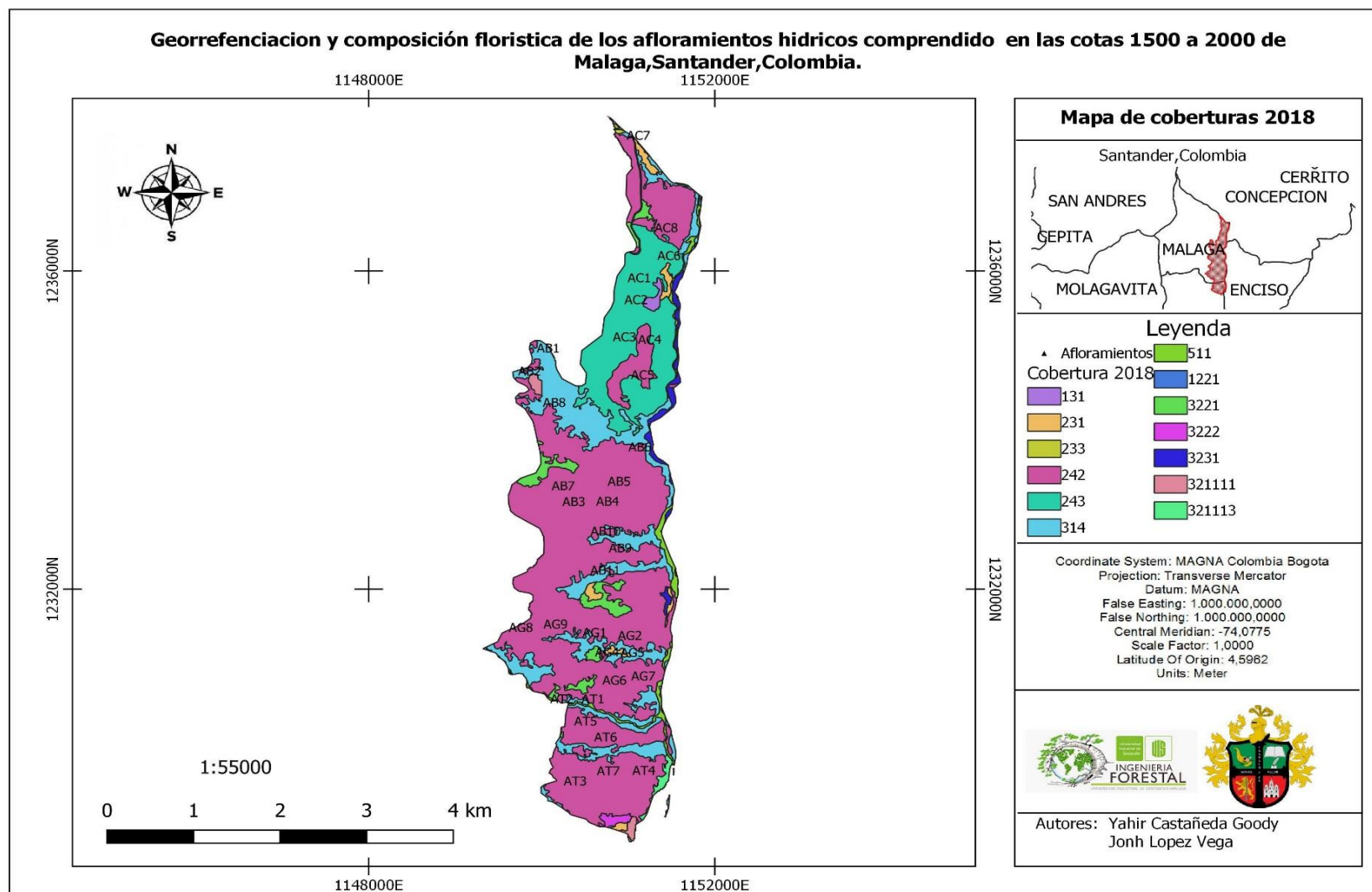
Apéndice B. Mapa de microcuencas presentes en el área de estudio.



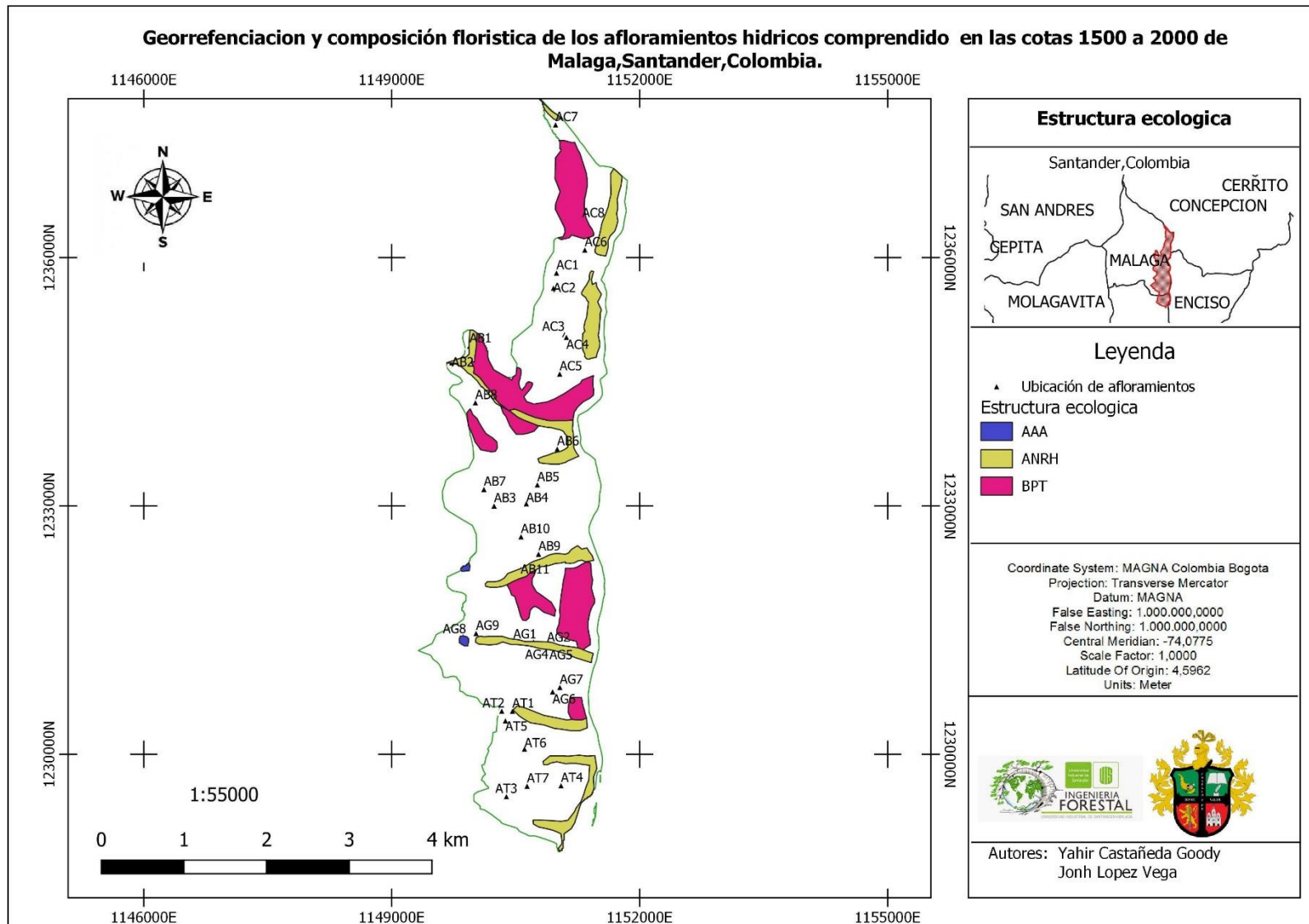
Apéndice C. Mapa geológico del área de estudio.



## Apéndice D. Mapa de coberturas del área de estudio 2018.



Apéndice E. Mapa de estructura ecológica.



Apéndice F. Índices de diversidad de vegetación para todos los afloramientos encontrados.

| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AC1 - P#1- Calichal.  |                            |         |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|
| Índices de Diversidad                                                      |                            | Valores |
| Índices de Riqueza específica                                              | Número de individuos       | 53      |
|                                                                            | Riqueza Específica         | 14      |
|                                                                            | Índice de Margaleff        | 3,27    |
| Dominancia                                                                 | Índice de Simpson          | 0,82    |
| Equidad                                                                    | Índice de Shannon - Wiener | 2,05    |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AC3 - P#2 - Calichal. |                            |         |
| Índices de Diversidad                                                      |                            | Valores |
| Índices de Riqueza específica                                              | Número de individuos       | 47      |
|                                                                            | Riqueza Específica         | 7       |
|                                                                            | Índice de Margaleff        | 1,5     |
| Dominancia                                                                 | Índice de Simpson          | 0,46    |
| Equidad                                                                    | Índice de Shannon - Wiener | 1,01    |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AC5 - P#3 - Calichal. |                            |         |
| Índices de Diversidad                                                      |                            | Valores |
| Índices de Riqueza específica                                              | Número de individuos       | 41      |
|                                                                            | Riqueza Específica         | 8       |
|                                                                            | Índice de Margaleff        | 1.885   |
| Dominancia                                                                 | Índice de Simpson          | 0.6686  |
| Equidad                                                                    | Índice de Shannon - Wiener | 1.493   |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AC7 - P#4- Calichal.  |                            |         |
| Índices de Diversidad                                                      |                            | Valores |
| Índices de Riqueza específica                                              | Número de individuos       | 59      |
|                                                                            | Riqueza Específica         | 15      |
|                                                                            | Índice de Margaleff        | 3,43    |
| Dominancia                                                                 | Índice de Simpson          | 0,81    |
| Equidad                                                                    | Índice de Shannon - Wiener | 2,07    |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AC8 - P#5 - Calichal. |                            |         |
| Índices de Diversidad                                                      |                            | Valores |
| Índices de Riqueza específica                                              | Número de individuos       | 74      |
|                                                                            | Riqueza Específica         | 12      |
|                                                                            | Índice de Margaleff        | 2,55    |
| Dominancia                                                                 | Índice de Simpson          | 0,76    |
| Equidad                                                                    | Índice de Shannon - Wiener | 1,83    |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AC8 - P#6 - Calichal. |                            |         |

| Índices de Diversidad                                                     |                            | Valores |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|
| Índices de Riqueza específica                                             | Número de individuos       | 41      |
|                                                                           | Riqueza Específica         | 6       |
|                                                                           | Índice de Margaleff        | 1,34    |
| Dominancia                                                                | Índice de Simpson          | 0,68    |
| Equidad                                                                   | Índice de Shannon - Wiener | 1,33    |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AB1 - P#7- Barzal.   |                            |         |
| Índices de Diversidad                                                     |                            | Valores |
| Índices de Riqueza específica                                             | Número de individuos       | 147     |
|                                                                           | Riqueza Específica         | 6       |
|                                                                           | Índice de Margaleff        | 1,02    |
| Dominancia                                                                | Índice de Simpson          | 0,72    |
| Equidad                                                                   | Índice de Shannon - Wiener | 1.427   |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AB3 - P#8 - Barzal.  |                            |         |
| Índices de Diversidad                                                     |                            | Valores |
| Índices de Riqueza específica                                             | Número de individuos       | 106     |
|                                                                           | Riqueza Específica         | 13      |
|                                                                           | Índice de Margaleff        | 2,57    |
| Dominancia                                                                | Índice de Simpson          | 0,66    |
| Equidad                                                                   | Índice de Shannon - Wiener | 1,62    |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AB5 - P#9 - Barzal.  |                            |         |
| Índices de Diversidad                                                     |                            | Valores |
| Índices de Riqueza específica                                             | Número de individuos       | 128     |
|                                                                           | Riqueza Específica         | 12      |
|                                                                           | Índice de Margaleff        | 2,26    |
| Dominancia                                                                | Índice de Simpson          | 0,76    |
| Equidad                                                                   | Índice de Shannon - Wiener | 1,82    |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AB7 - P#10 - Barzal. |                            |         |
| Índices de Diversidad                                                     |                            | Valores |
| Índices de Riqueza específica                                             | Número de individuos       | 90      |
|                                                                           | Riqueza Específica         | 12      |
|                                                                           | Índice de Margaleff        | 2,44    |
| Dominancia                                                                | Índice de Simpson          | 0,88    |
| Equidad                                                                   | Índice de Shannon - Wiener | 2,20    |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AB8 - P#11 - Barzal. |                            |         |
| Índices de Diversidad                                                     |                            | Valores |

|                                                                              |                            |                |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------|
| Índices de Riqueza específica                                                | Número de individuos       | 170            |
|                                                                              | Riqueza Específica         | 5              |
|                                                                              | Índice de Margaleff        | 0,77           |
| Dominancia                                                                   | Índice de Simpson          | 0,53           |
| Equidad                                                                      | Índice de Shannon - Wiener | 0,87           |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AB10 - P#12 - Barzal.   |                            |                |
| <b>Índices de Diversidad</b>                                                 |                            | <b>Valores</b> |
| Índices de Riqueza específica                                                | Número de individuos       | 94             |
|                                                                              | Riqueza Específica         | 13             |
|                                                                              | Índice de Margaleff        | 2,64           |
| Dominancia                                                                   | Índice de Simpson          | 0,82           |
| Equidad                                                                      | Índice de Shannon - Wiener | 1,94           |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AG2 - P#13 - Guásimo.   |                            |                |
| <b>Índices de Diversidad</b>                                                 |                            | <b>Valores</b> |
| Índices de Riqueza específica                                                | Número de individuos       | 187            |
|                                                                              | Riqueza Específica         | 11             |
|                                                                              | Índice de Margaleff        | 1,91           |
| Dominancia                                                                   | Índice de Simpson          | 0,56           |
| Equidad                                                                      | Índice de Shannon - Wiener | 1,27           |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AG3 - P#14 - Guásimo.   |                            |                |
| <b>Índices de Diversidad</b>                                                 |                            | <b>Valores</b> |
| Índices de Riqueza específica                                                | Número de individuos       | 324            |
|                                                                              | Riqueza Específica         | 19             |
|                                                                              | Índice de Margaleff        | 3,11           |
| Dominancia                                                                   | Índice de Simpson          | 0,68           |
| Equidad                                                                      | Índice de Shannon - Wiener | 1,54           |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AT3 - P#15 - T. Blanca. |                            |                |
| <b>Índices de Diversidad</b>                                                 |                            | <b>Valores</b> |
| Índices de Riqueza específica                                                | Número de individuos       | 135            |
|                                                                              | Riqueza Específica         | 12             |
|                                                                              | Índice de Margaleff        | 2,24           |
| Dominancia                                                                   | Índice de Simpson          | 0,77           |
| Equidad                                                                      | Índice de Shannon - Wiener | 1,71           |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AT4 - P#16 - T. Blanca. |                            |                |
| <b>Índices de Diversidad</b>                                                 |                            | <b>Valores</b> |

|                                                                             |                            |                |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------|
| Índices de Riqueza específica                                               | Número de individuos       | 123            |
|                                                                             | Riqueza Específica         | 8              |
|                                                                             | Índice de Margaleff        | 1,45           |
| Dominancia                                                                  | Índice de Simpson          | 0,68           |
| Equidad                                                                     | Índice de Shannon - Wiener | 1.388          |
| Índice de diversidad de vegetación para afloramiento AT6 - P#17 - T. Blanca |                            |                |
| <b>Índices de Diversidad</b>                                                |                            | <b>Valores</b> |
| Índices de Riqueza específica                                               | Número de individuos       | 129            |
|                                                                             | Riqueza Específica         | 14             |
|                                                                             | Índice de Margaleff        | 2,67           |
| Dominancia                                                                  | Índice de Simpson          | 0,83           |
| Equidad                                                                     | Índice de Shannon - Wiener | 2,01           |

Apéndice G. Índice de valor de importancia componente Fustal en zona de estudio.

| Especie                       | IVI     |
|-------------------------------|---------|
| <i>Trichanthera gigantea</i>  | 59.7387 |
| <i>Myrsine guianensis</i>     | 31.0912 |
| <i>Trichilia sp</i>           | 27.0201 |
| <i>Ficus insípida</i>         | 24.8952 |
| <i>Fraxinus uhdei</i>         | 22.6140 |
| <i>Xylosmia sp</i>            | 18.4631 |
| <i>Ficus maxima</i>           | 13.0854 |
| <i>Escallonia pendula</i>     | 13.0649 |
| <i>Salix humboldtiana</i>     | 11.2187 |
| <i>Vismia sp</i>              | 10.1049 |
| <i>Indeterminado 2</i>        | 7.7791  |
| <i>Toxicodendron striatum</i> | 6.7471  |
| <i>Piper bogotense</i>        | 6.4206  |
| <i>Eugenia cf uniflora</i>    | 5.7243  |
| <i>Guadua angustifolia</i>    | 5.3644  |
| <i>Ficus sp</i>               | 2.4404  |
| <i>Psidium guajava</i>        | 2.3386  |
| <i>Persea sp</i>              | 2.3171  |
| <i>Myrcia fallax</i>          | 2.2940  |
| <i>Pithecellobium dulce</i>   | 2.2940  |
| <i>Anacardium excelsum</i>    | 2.2775  |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <i>Ocotea sp</i>               | 2.2761     |
| <i>Heliocarpus americanus</i>  | 2.2746     |
| <i>Indeterminado</i>           | 2.2746     |
| <i>Zanthoxylum fagara</i>      | 2.2737     |
| <i>Lafoensia speciosa</i>      | 2.2710     |
| <i>Dacryodes cf colombiana</i> | 2.2697     |
| <i>Inga acuminta</i>           | 2.2697     |
| <i>Peltaea sp</i>              | 2.2697     |
| <i>Rhamnus sphaerosperma</i>   | 2.2647     |
| <i>Myrcia bracteata</i>        | 2.2629     |
| Total                          | <b>300</b> |

Apéndice H. Índice de valor del componente Latizal en la zona de estudio.

| <b>Especie</b>                | <b>IVI</b> |
|-------------------------------|------------|
| <i>Tessaria integrifolia</i>  | 35.7207    |
| <i>Piper bogotense</i>        | 33.0598    |
| <i>Trichanthera gigantea</i>  | 26.8685    |
| <i>Trichilia sp</i>           | 26.1070    |
| <i>Xylosmia sp</i>            | 20.6372    |
| <i>Myrsine guianensis</i>     | 18.0468    |
| <i>Guadua angustifolia</i>    | 15.8985    |
| <i>Coffea arabica</i>         | 14.3759    |
| <i>Fraxinus uhdei</i>         | 13.6030    |
| <i>Vismia sp</i>              | 11.7989    |
| <i>Ficus insípida</i>         | 11.0560    |
| <i>Syzygium jambos</i>        | 8.2685     |
| <i>Dacryodes colombiana</i>   | 6.9243     |
| <i>Rollinia sp</i>            | 5.9481     |
| <i>Anacardium excelsum</i>    | 4.0615     |
| <i>Myrcia fallax</i>          | 3.8412     |
| <i>Toxicodendron striatum</i> | 3.7555     |
| <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> | 3.4599     |
| <i>Ocotea sp</i>              | 2.8796     |
| <i>Zanthoxylum fagara</i>     | 2.5188     |
| <i>Acalypha sp</i>            | 2.0149     |
| <i>Ricinus communis</i>       | 2.0025     |
| <i>Salix humboldtiana</i>     | 1.9268     |
| <i>Pithecellobium dulce</i>   | 1.6382     |
| <i>Psidium guajava</i>        | 1.6360     |
| <i>Allophylus angustatus</i>  | 1.6031     |
| <i>Ficus máxima</i>           | 1.5964     |

| <b>Especie</b>               | <b>IVI</b> |
|------------------------------|------------|
| <i>Erythrina rubrinervia</i> | 1.5855     |
| <i>Eugenia uniflora</i>      | 1.5855     |
| <i>Persea caerulea</i>       | 1.5757     |
| <i>Indeterminada</i>         | 1.5737     |
| <i>Acacia farnesiana</i>     | 1.5648     |
| <i>Matayba sp</i>            | 1.5627     |
| <i>Inga acuminta</i>         | 1.5596     |
| <i>Pittosporum undulatum</i> | 1.5558     |
| <i>Citrus sp</i>             | 1.5488     |
| <i>Smilax sp</i>             | 1.5475     |
| <i>Maclura tinctoria</i>     | 1.5468     |
| <i>Solanum sp</i>            | 1.5462     |
| <b>Total</b>                 | <b>300</b> |

Apéndice I. Nombre de especies encontradas en afloramientos.

| <b>ID</b> | <b>Nombre científico</b>     | <b>Familias</b> |
|-----------|------------------------------|-----------------|
| 1         | <i>Trichanthera gigantea</i> | ACANTHACEAE     |
| 2         | <i>Ficus Insipida</i>        | MORACEAE        |
| 3         | <i>Rhamnus sphaerosperma</i> | RAMNACEAE       |
| 4         | <i>Myrsine guianensis</i>    | PRIMULACEAE     |
| 5         | <i>Trichilia sp</i>          | MELIACEAE       |
| 6         | <i>Guadua angustifolia</i>   | POACEAE         |
| 7         | <i>Rollinia sp</i>           | ANONACEAE       |
| 8         | <i>Coffea arabica</i>        | RUBIACEAE       |
| 9         | <i>Ficus maxima</i>          | MORACEAE        |
| 10        | <i>Allophylus angustatus</i> | SAPINDACEAE     |

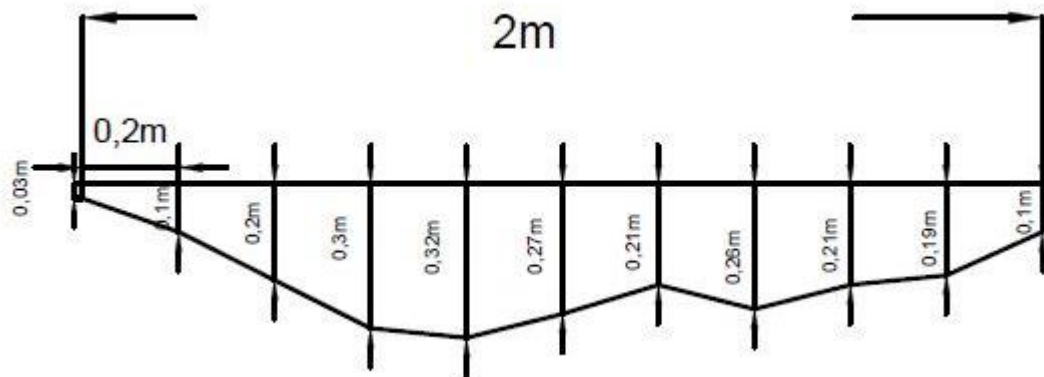
|    |                               |               |
|----|-------------------------------|---------------|
| 11 | <i>Dacryodes colombiana</i>   | BURSERACEAE   |
| 12 | <i>Piper bogotense</i>        | PIPERACEAE    |
| 13 | <i>Chiococca alba</i>         | RUBIACEAE     |
| 14 | <i>Xylosmia sp</i>            | RUTACEAE      |
| 15 | <i>Acacia farnesiana</i>      | MIMOSACEAE    |
| 16 | <i>Pittosporum undulatum</i>  | PITOSPORACEAE |
| 17 | <i>Sapium stylare</i>         | EUPHORBIACEAE |
| 18 | <i>Solanum</i>                | SOLANACEAE    |
| 19 | <i>Zanthoxylum fagara</i>     | RUTACEAE      |
| 20 | <i>Peltaea sp</i>             | MALVACEAE     |
| 21 | <i>Solanum sp</i>             | SOLANACEAE    |
| 22 | <i>Lantana sp</i>             | VERBENACEAE   |
| 23 | <i>Inga acuminta</i>          | FABACEAE      |
| 24 | <i>Myrcia fallax</i>          | MYRTACEAE     |
| 25 | <i>Ricinus communis</i>       | EUPHORBIACEAE |
| 26 | <i>Zanthoxylum rhoifolium</i> | RUTACEAE      |
| 27 | NN1                           | ACANTHACEAE   |
| 28 | <i>Vismia sp</i>              | EUPHORBIACEAE |
| 29 | <i>Verbesina sp</i>           | ASTERACEAE    |
| 30 | <i>Heliocarpus americanus</i> | MALVACEAE     |
| 31 | <i>Myrcia bracteata</i>       | MYRTACEAE     |

|    |                              |                 |
|----|------------------------------|-----------------|
| 32 | <i>Ocotea sp</i>             | LAURACEAE       |
| 33 | <i>Mangifera indica</i>      | ANACARDIACEAE   |
| 34 | <i>Myrcia sp</i>             | MYRTACEAE       |
| 35 | <i>Escallonia pendula</i>    | SAXIFRAGACEAE   |
| 36 | <i>Salix humboldtiana</i>    | SALICACEAE      |
| 37 | <i>Faramea cestroides</i>    | RUBIACEAE       |
| 38 | <i>Psidium guajava</i>       | MYRTACEAE       |
| 39 | <i>Persea sp</i>             | LAURACEAE       |
| 40 | <i>Fraxinus uhdei</i>        | OLEACEAE        |
| 41 | <i>Citrus sp</i>             | RUTACEAE        |
| 42 | <i>Matayba sp</i>            | SAPINDACEAE     |
| 43 | <i>Eriobotrya japonica</i>   | ROSACEAE        |
| 44 | <i>Eugenia uniflora</i>      | MYRTACEAE       |
| 45 | <i>Syzygium jambos</i>       | MYRTACEAE       |
| 46 | <i>Sambucus nigra</i>        | ADOXACEAE       |
| 47 | <i>Senna alata</i>           | CESALPINIOIDEAE |
| 48 | <i>Coffea arabica</i>        | RUBIACEAE       |
| 49 | <i>Ficus sp</i>              | MORACEAE        |
| 50 | <i>Erythrina rubrinervia</i> | FABACEAE        |
| 51 | <i>Persea caerulea</i>       | LAURACEAE       |

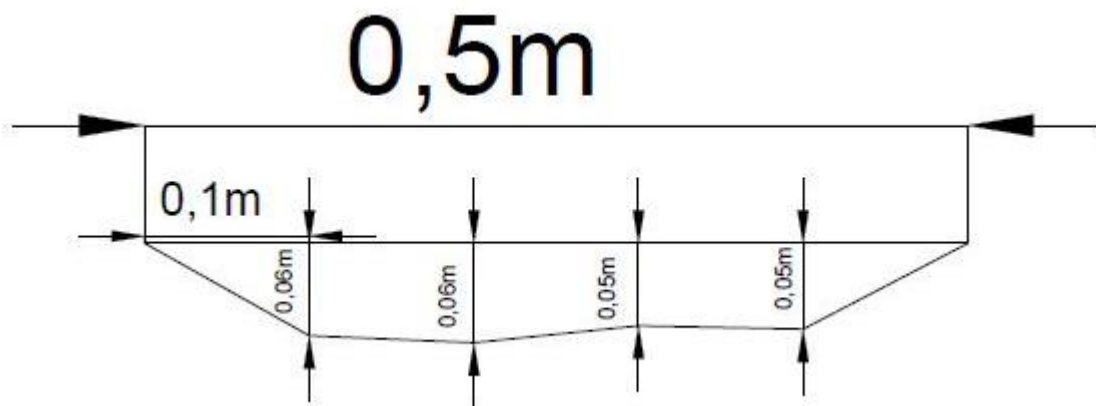
|    |                               |               |
|----|-------------------------------|---------------|
| 52 | <i>Tessaria integrifolia</i>  | ASTERACEAE    |
| 53 | <i>Lafoensia speciosa</i>     | LYTHRACEAE    |
| 54 | <i>Zanthoxylum lumfagara</i>  | RUTACEAE      |
| 55 | <i>Toxicodendron striatum</i> | ANACARDIACEAE |
| 56 | <i>Pithecellobium dulce</i>   | FABACEAE      |
| 57 | <i>Anacardium excelsum</i>    | ANACARDIACEAE |
| 58 | <i>indeterminado</i>          | LAURACEAE     |
| 59 | <i>Smilax sp</i>              | SMILACACEAE   |
| 60 | <i>Maclura tinctoria</i>      | MORACEAE      |
| 61 | <i>Citrus x limon</i>         | RUTACEAE      |
| 62 | <i>Acalypha sp</i>            | EUPHORBIACEAE |
| 63 | NN5                           | FABACEAE      |
| 64 | NN6                           | ASTERACEAE    |
| 65 | <i>Inga sp</i>                | FABACEAE      |
| 66 | <i>Persea americana</i>       | LAURACEAE     |
| 67 | <i>Piper sp</i>               | PIPERACEAE    |
| 68 | <i>Ochroma pyramidale</i>     | MALVACEAE     |

### Perfiles de caudal por método de flotador.

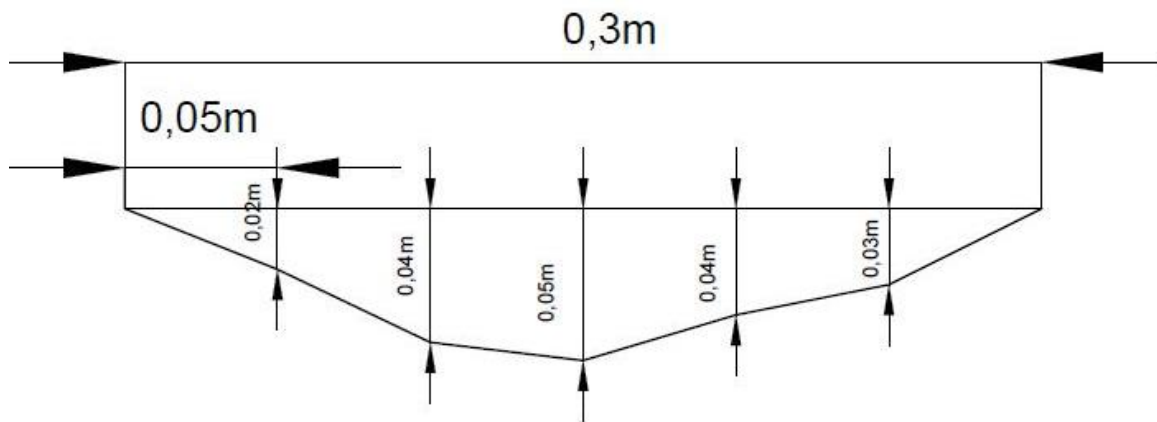
Apéndice J. Perfil de caudal para afloramiento AB1.



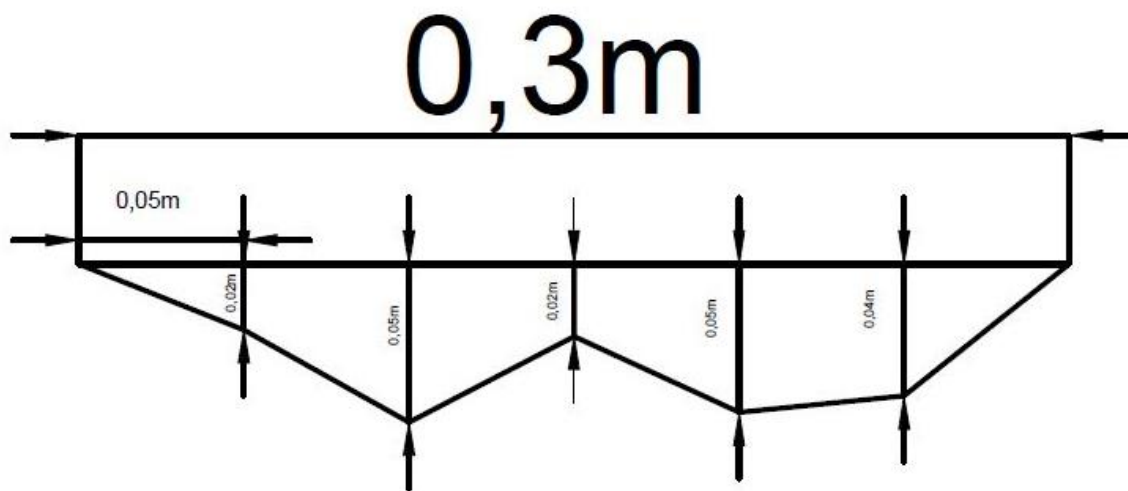
Apéndice K. Perfil de caudal para afloramiento AB3.



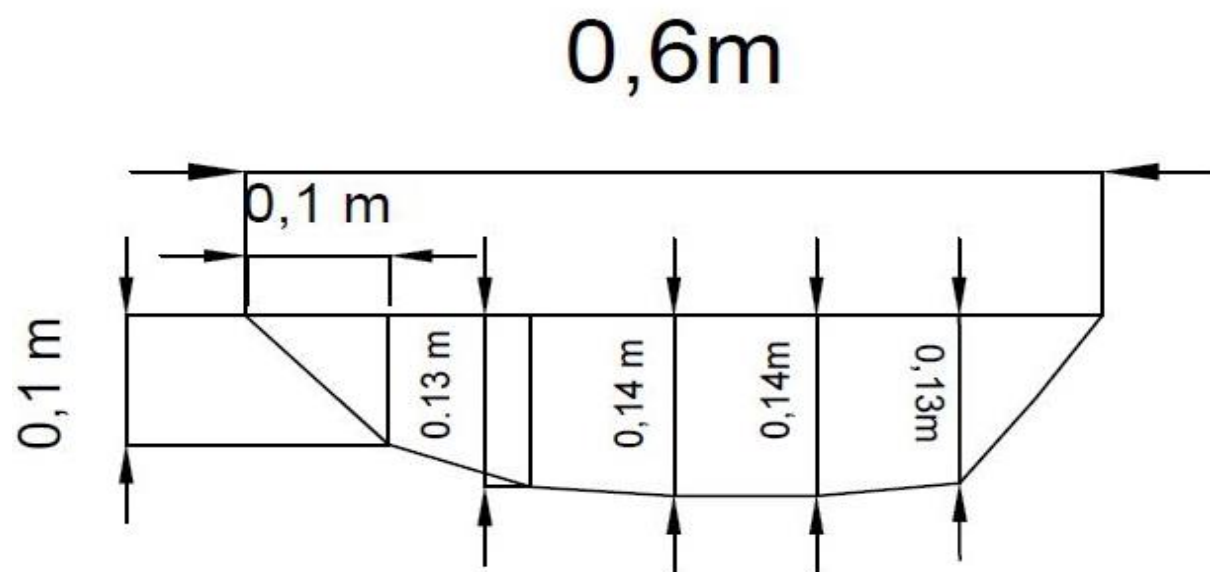
Apéndice L. Perfil de caudal para afloramiento AB6.



Apéndice M. Perfil de caudal para afloramiento AB9.



Apéndice N. Perfil de caudal para afloramiento AC1.



*Apéndice O.* Registro fotográfico de establecimiento de parcelas.

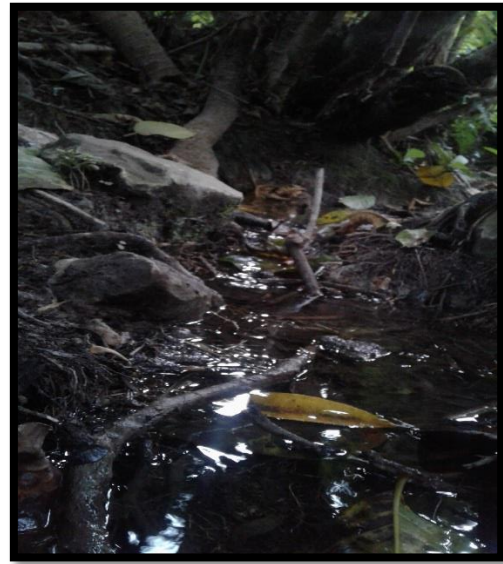


*Apéndice P. Registro fotográfico medición de caudal.*

*Apéndice Q.* Registro fotográfico de afloramientos hídricos vereda Calichal.



*Apéndice R. Registro fotográfico de afloramientos hídricos Barzal.*



*Apéndice S. Registro fotográfico de afloramientos hídricos vereda Guásimo.*



*Apéndice T. Registro fotográfico de afloramientos hídricos vereda Tierra Blanca.*

