



**Caracterización Físico-Química y Microbiológica
de las Cuencas Hidrográficas del Departamento de Caldas**

**Sandra Lidia Zambrano Fajardo
Sandra Patricia Madroñero Paz**

**Universidad Nacional de Colombia
Sede Manizales
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Departamento de Ingeniería Química
Manizales 2006**

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS

SANDRA LIDIA ZAMBRANO FAJARDO

SANDRA PATRICIA MADROÑERO PAZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**

Manizales, Mayo de 2006

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS

SANDRA LIDIA ZAMBRANO FAJARDO

SANDRA PATRICIA MADROÑERO PAZ

Participación en proyecto de investigación

**Director de trabajo de grado
GONZALO MORANTE GARCÍA
Ingeniero Químico**

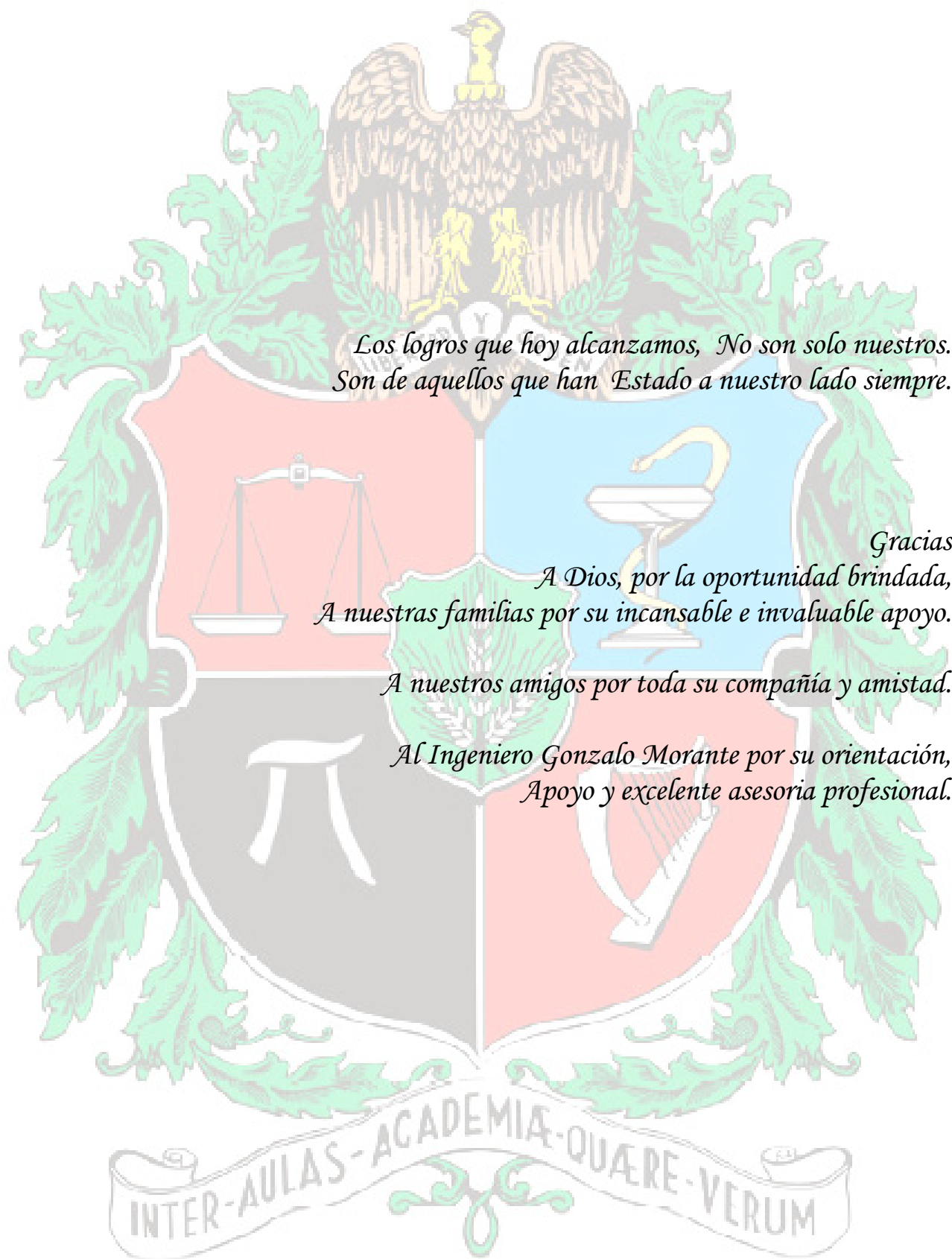
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

Manizales, Mayo de 2006



*Los logros que hoy alcanzamos, No son solo nuestros.
Son de aquellos que han estado a nuestro lado siempre.*

*Gracias
A Dios, por la oportunidad brindada,
A nuestras familias por su incansable e invaluable apoyo.*

A nuestros amigos por toda su compañía y amistad.

*Al Ingeniero Gonzalo Morante por su orientación,
Apoyo y excelente asesoría profesional.*



RESUMEN

En este trabajo se hace un estudio de las condiciones actuales en las que se encuentran las principales fuentes de agua del departamento de Caldas. Primero se hace una breve descripción de los municipios y microcuencas que sirven como abastecimiento de agua potable. Posteriormente se hace un análisis, de la calidad de dichas fuentes, de acuerdo a la información obtenida a nivel de campo y laboratorio; la cual fue suministrada por CORPOCALDAS y PROAGUA, entidades que adelantan un estudio sobre el impacto de los vertimientos a las fuentes de agua de los diferentes municipios del departamento. Para finalizar se presenta una serie de métodos que pueden ser útiles para el tratamiento de las aguas residuales, y se recomiendan algunos tratamientos de acuerdo a factores como costos, disponibilidad de terreno, eficiencia y facilidad de operación.



ABSTRACT

In this work a study of the present state of the main sources of raw water for potabilization, existent in the department of Caldas, was conducted. First of all, a brief description of the municipalities and basins is made; later on an analysis of the quality of this sources is made, based on information available at the Corporación Autónoma Regional de Caldas, CORPOCALDAS -which stands as the environmental authority- and PROAGUA, entities that develop a study on the impact of wastewater discharges on water sources of the department cited. Finally, alternatives for wastewater treatment, and some particular recommended treatments are presented, that take into account items like land availability, costs, removal efficiency and simplicity of operation.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. OBJETIVOS | 3 |
| 3. MICROCUENCAS QUE ABASTECEN AGUA POTABLE A LOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS | 4 |
| 3.1. Descripción | 5 |
| 3.1.1. AGUADAS | 5 |
| 3.1.1.1. Actividad Económica | 5 |
| 3.1.1.2. Características de las Microcuencas | 5 |
| 3.1.1.2.1. <i>Cañada Hoyos San José</i> | 5 |
| 3.1.1.2.2. <i>La Chuchera y Barro Blanco</i> | 6 |
| 3.1.1.2.3. <i>La Castrillona</i> | 6 |
| 3.1.2. ANSERMA | 7 |
| 3.1.2.1. Actividad Económica | 7 |
| 3.1.2.2. Características de las Microcuencas | 7 |
| 3.1.2.2.1. <i>Tamarvia</i> | 7 |
| 3.1.2.2.2. <i>Cauya</i> | 7 |
| 3.1.2.2.3. <i>Tabla Roja</i> | 8 |
| 3.1.2.2.4. <i>Partidas</i> | 8 |
| 3.1.3. ARANZAZU | 9 |
| 3.1.3.1. Actividad Económica | 9 |
| 3.1.3.2. Características de las Microcuencas | 9 |
| 3.1.3.2.1. <i>Chambery</i> | 9 |
| 3.1.3.2.2. <i>El Brillante</i> | 10 |
| 3.1.4. BELALCAZAR | 11 |
| 3.1.4.1. Actividad Económica | 11 |
| 3.1.4.2. Características de las Microcuencas | 11 |
| 3.1.4.2.1. <i>La Laguna</i> | 11 |
| 3.1.4.2.2. <i>Sanjón Hondo</i> | 11 |
| 3.1.5. FILADELFIA | 13 |
| 3.1.5.1. Actividad Económica | 13 |
| 3.1.5.2. Características de las Microcuencas | 13 |
| 3.1.5.2.1. <i>Chambery</i> | 13 |
| 3.1.5.2.2. <i>La Cristalina</i> | 13 |
| 3.1.5.2.3. <i>La Busaca</i> | 14 |
| 3.1.6. LA MERCED | 15 |
| 3.1.6.1. Actividad Económica | 15 |
| 3.1.6.2. Características de las Microcuencas | 15 |
| 3.1.6.2.1. <i>Santa Ana</i> | 15 |
| 3.1.6.2.2. <i>El Rosario</i> | 15 |
| 3.1.6.2.3. <i>Isabela</i> | 16 |
| 3.1.7. MANZANARES | 17 |
| 3.1.7.1. Actividad Económica | 17 |
| 3.1.7.2. Características de las Microcuencas | 17 |
| 3.1.7.2.1. <i>El Palo</i> | 17 |
| 3.1.7.2.2. <i>El Rosario</i> | 18 |
| 3.1.8. MARMATO | 19 |
| 3.1.8.1. Actividad Económica | 19 |
| 3.1.8.2. Características de la Microcuenca | 19 |

| | | |
|-------------|-------------------------------------|----|
| 3.1.8.2.1 | <i>Río Arquia</i> | 19 |
| 3.1.9. | MARQUETALIA | 20 |
| 3.1.9.1 | Actividad Económica | 20 |
| 3.1.9.2 | Características de las Microcuencas | 20 |
| 3.1.9.2.1 | <i>San Juan</i> | 20 |
| 3.1.9.2.2 | <i>Penagos</i> | 20 |
| 3.1.10. | MARULANDA | 22 |
| 3.1.10.1 | Actividad Económica | 22 |
| 3.1.10.2 | Características de la Microcuenca | 22 |
| 3.1.10.2.1 | <i>Los Yuyos</i> | 22 |
| 3.1.11. | NEIRA | 23 |
| 3.1.11.1. | Actividad Económica | 23 |
| 3.1.11.2. | Características de las Microcuencas | 23 |
| 3.1.11.2.1 | <i>La floresta</i> | 23 |
| 3.1.11.2.2 | <i>Lusitania</i> | 23 |
| 3.1.11.2.3 | <i>San Juan</i> | 24 |
| 3.1.11.2.4 | <i>Berlín</i> | 24 |
| 3.1.12. | NORCASIA | 25 |
| 3.1.12.1. | Actividad Económica | 25 |
| 3.1.13. | PACORA | 26 |
| 3.1.13.1. | Actividad Económica | 26 |
| 3.1.13.2. | Características de las Microcuencas | 26 |
| 3.1.13.2.1. | <i>El Vergel</i> | 26 |
| 3.1.13.2.2. | <i>Manantiales</i> | 27 |
| 3.1.13.2.3. | <i>Polideportivo</i> | 27 |
| 3.1.14. | PENSILVANIA | 28 |
| 3.1.14.1. | Actividad Económica | 28 |
| 3.1.14.2. | Características de las Microcuencas | 28 |
| 3.1.14.2.1. | <i>El Dorado</i> | 28 |
| 3.1.14.2.2. | <i>El Popal</i> | 28 |
| 3.1.15. | RIOSUCIO | 30 |
| 3.1.15.1. | Actividad Económica | 30 |
| 3.1.15.2. | Características de las Microcuencas | 30 |
| 3.1.15.2.1. | <i>La Playa</i> | 30 |
| 3.1.15.2.2. | <i>La Robada</i> | 30 |
| 3.1.16. | RISARALDA | 31 |
| 3.1.16.1 | Actividad Económica | 31 |
| 3.1.16.2 | Características de las Microcuencas | 31 |
| 3.1.16.2.1. | <i>Chavarquía</i> | 31 |
| 3.1.17. | SALAMINA | 32 |
| 3.1.17.1 | Actividad Económica | 32 |
| 3.1.17.2 | Características de las Microcuencas | 32 |
| 3.1.17.2.1 | <i>Chagualito</i> | 32 |
| 3.1.17.2.2 | <i>El Uvito</i> | 32 |
| 3.1.18. | SAMANA | 34 |
| 3.1.18.1. | Actividad Económica | 34 |
| 3.1.18.2. | Características de las Microcuencas | 34 |
| 3.1.18.2.1 | <i>El Dorado</i> | 34 |
| 3.1.18.2.2 | <i>Santa Inés</i> | 34 |
| 3.1.19. | SAN JOSE | 35 |
| 3.1.19.1. | Actividad Económica | 35 |
| 3.1.19.2. | Características de la Microcuenca | 35 |
| 3.1.19.2.1 | <i>Quebrada Buenavista</i> | 35 |
| 3.1.20. | SUPIA | 36 |

| | | |
|-------------|---|----|
| 3.1.20.1. | Actividad Económica | 36 |
| 3.1.20.2. | Características de la Microcuenca | 36 |
| 3.1.20.2.1. | <i>Quebrada Grande</i> | 36 |
| 3.1.21. | VICTORIA | 37 |
| 3.1.21.1 | Actividad Económica | 37 |
| 3.1.21.2 | Características de la Microcuenca | 37 |
| 3.1.21.2.1. | <i>Doña Juana</i> | 37 |
| 3.1.22. | VITERBO | 38 |
| 3.1.22.1. | Actividad Económica | 38 |
| 3.1.22.2. | Características de las Microcuencas | 38 |
| 3.1.22.2.1. | <i>La Maquina</i> | 38 |
| 3.1.22.2.2. | <i>La Julia</i> | 38 |
| 3.1.22.2.3. | <i>Canaan</i> | 39 |
| 3.2. | Descripción General De Las Plantas De Tratamiento De Agua Potable | 40 |
| 3.3. | Descripción de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable Convencionales del Departamento de Caldas | 43 |
| 4. | DIAGNOSTICO DE CALIDAD ACTUAL DE LAS FUENTES RECEPTORAS DE AGUAS RESIDUALES | 45 |
| 4.1. | Análisis De Resultados | 57 |
| 4.1.1 | pH | 58 |
| 4.1.2 | Conductividad | 60 |
| 4.1.3 | DBO ₅ y DQO | 62 |
| 4.1.4 | Oxígeno Disuelto | 66 |
| 4.1.5 | Turbiedad | 68 |
| 4.1.6 | SST y ST | 70 |
| 4.1.7 | Fósforo Total | 73 |
| 4.1.8 | Nitrógeno Total | 75 |
| 4.1.9 | Coliformes Totales y Fecales | 77 |
| 5. | MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | 81 |
| 5.1. | Métodos de Pretratamiento | 82 |
| 5.1.1 | Sedimentación | 82 |
| 5.1.2 | Filtración | 82 |
| 5.2. | Lagunaje | 82 |
| 5.2.1. | Lagunas Aireadas | 82 |
| 5.2.2. | Fitotratamiento | 83 |
| 5.2.2.1 | <i>Jacinto de agua (Eichhornia crassipes)</i> | 83 |
| 5.2.2.2 | <i>Lenteja de agua (Lemna sp., Spirodela sp., Wolfia sp., Wolffia sp.)</i> | 85 |
| 5.2.2.3 | <i>Vellorita o Primavera de agua (Ludwigia sp.)</i> | 85 |
| 5.2.2.4 | <i>Espadaña (Typha sp.)</i> | 86 |
| 5.2.2.5 | <i>Anea o Enea (Scirpus sp.)</i> | 86 |
| 5.2.2.6 | <i>Cañas</i> | 86 |
| 5.2.2.7 | <i>Hierba mala (Elodea nuttallii)</i> | 86 |
| 5.2.3 | Humedales | 86 |
| 5.2.3.1 | <i>Humedales con espejo de agua</i> | 86 |
| 5.2.3.2 | <i>Humedales de flujo subsuperficial</i> | 87 |
| 5.3. | Otros Reactores Biológicos | 88 |
| 5.3.1. | Reactor UASB | 88 |
| 5.3.2. | Reactor de Biodiscos | 89 |
| 5.3.3. | Proceso de lodos activados | 89 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 92 |
| | ANEXOS | 93 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| 1. Microcuencas que surten cabeceras de acueductos municipales en el departamento de Caldas | 40 |
| 2. Capacidad de la Planta | 41 |
| 3. Operación promedio de la planta | 41 |
| 4. Almacenamiento de Agua Potable | 42 |
| 5. Descripción de las fuentes de agua a monitorear | 45 |
| 6. Coordenadas de los puntos de muestreo | 47 |
| 7. Análisis Fisicoquímicos | 50 |
| 8. Datos de laboratorio | 52 |
| 9. Aportes de contaminantes por habitante (en base seca) | 57 |
| 10. Valores esperados de acuerdo al número de habitantes | 57 |
| 11. Criterios de diseño para sistemas de tratamiento de aguas residuales con Jacinto de agua. | 84 |
| 12. Criterios de diseño para humedales con espejo de agua | 87 |
| 13. Criterio para humedales de flujo subsuperficial | 88 |
| 14. Comparación de las alternativas de tratamiento. | 90 |



LISTA DE GRAFICAS

| | Pág. |
|--|------|
| 1. pH para municipios con dos estaciones de muestreo | 59 |
| 2. pH para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 59 |
| 3. Conductividad para municipios con dos estaciones de muestreo | 61 |
| 4. Conductividad para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 62 |
| 5. DQO para municipios con dos estaciones de muestreo | 63 |
| 6. DQO para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 64 |
| 7. DBO ₅ para municipios con dos estaciones de muestreo | 65 |
| 8. DBO ₅ para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 65 |
| 9. OD para municipios con dos estaciones de muestreo | 67 |
| 10. OD para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 68 |
| 11. Turbiedad para municipios con dos estaciones de muestreo | 69 |
| 12. Turbiedad para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 69 |
| 13. SST para municipios con dos estaciones de muestreo | 71 |
| 14. SST para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 71 |
| 15. ST para municipios con dos estaciones de muestreo | 72 |
| 16. ST para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 73 |
| 17. Fósforo Total para municipios con dos estaciones de muestreo | 74 |
| 18. Fósforo Total para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 74 |
| 19. Nitrógeno Total para municipios con dos estaciones de muestreo | 76 |
| 20. Nitrógeno Total para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 76 |
| 21. Coliformes Fecales para municipios con dos estaciones de muestreo | 78 |
| 22. Coliformes Fecales para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 79 |
| 23. Coliformes Totales para municipios con dos estaciones de muestreo | 79 |
| 24. Coliformes Totales para municipios con más de dos estaciones de muestreo | 80 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|------|
| 1. | 93 |
| A. Mapa del departamento de Caldas | 94 |
| 2. Mapas de las Microcuencas | 95 |
| B1. Cañada Hoyos y San José de Aguadas | 96 |
| B2. La Castrillona y Barro Blanco de Aguadas | 97 |
| C1. Tamarvia de Anserma | 98 |
| C2. Cauya de Anserma | 99 |
| D1. El Brillante de Aranzazu | 100 |
| D2. Chambery de Aranzazu | 101 |
| E. Sanjón Hondo de Belalcázar | 102 |
| F1. La Cristalina de Filadelfia | 103 |
| F2. La Busaca de Filadelfia | 104 |
| G. La Isabela y Santa Ana de La Merced | 105 |
| H1. El Rosario de Manzanares | 106 |
| H2. El Palo de Manzanares | 107 |
| I. Río Arquía de Marmato | 108 |
| J1. Penagos de Marquetalia | 109 |
| J2. San Juan de Marquetalia | 110 |
| K. Los Yuyos de Marulanda | 111 |
| L. Berlín de Neira | 112 |
| M. Alsacia de Pacora | 113 |
| N. El Dorado y El Popal de Pensilvania | 114 |
| O. La Robada de Riosucio | 115 |
| P. Chavarquia de Risaralda | 116 |
| Q1. Chagualito de Salamina | 117 |
| Q2. El Uvito de Salamina | 118 |
| R. El Dorado y Santa Inés de Samaná | 119 |
| S. Buenavista de San José | 120 |
| T. Quebrada Grande de Supía | 121 |
| U. Doña Juana de Victoria | 122 |
| V1. Canaan de Viterbo | 123 |
| V2. La Maquina y La Julia de Viterbo | 124 |
| W. Estaciones de muestreo | 125 |

INTER-AULAS-ACADEMIAE-QUAERE-VERUM

1. INTRODUCCIÓN

Colombia ocupa un quinto lugar en riqueza hídrica a nivel mundial, hoy esta próximo a sufrir graves problemas de abastecimiento de agua para consumo humano, llegando hasta sequías, como las que actualmente se presentan en algunas regiones del país.

Históricamente el manejo que se le ha venido dando a los sistemas de producción agropecuarios se ha caracterizado por la destrucción de los recursos naturales que la sustentan generando transformaciones radicales en los paisajes naturales. No obstante los cambios efectuados a ritmos tan rápidos resultan difíciles de ser “asimilados” por los sistemas ecológicos de los que depende nuestra subsistencia.

El Agua es uno de los recursos más significativos para una comunidad. En el Departamento de Caldas todos los municipios cuentan con una fuente hídrica capaz de abastecerlos de agua adecuadamente, a pesar de ello el estado al que han sido llevadas dichas fuentes cada día es mas preocupante, puesto que en ellas se vierten todas las aguas residuales ya sean de tipo domestico o industrial sin haberseles realizado un tratamiento previo.

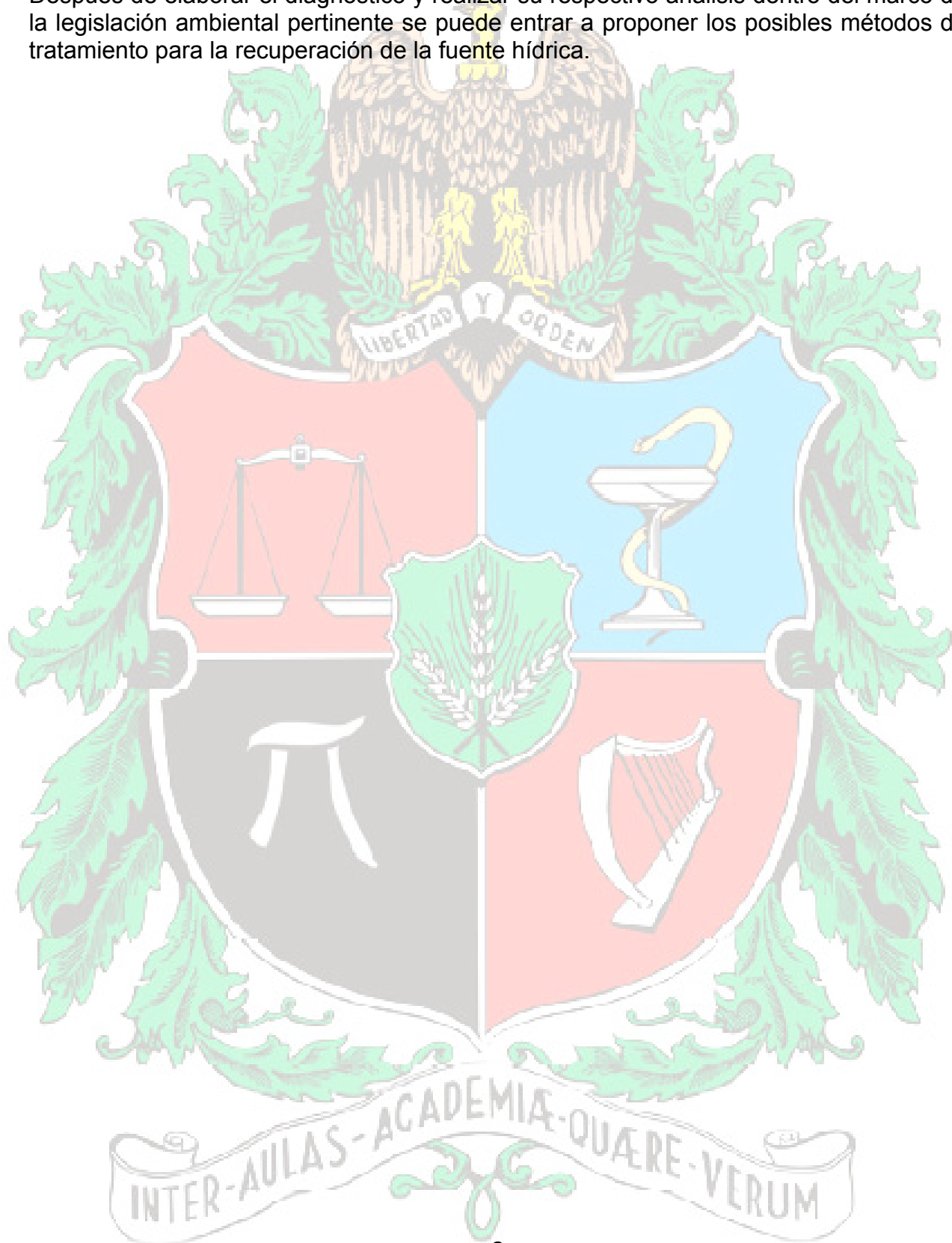
Para poder contribuir con la conservación y el mejoramiento del recurso se debe identificar el problema a enfrentar, abordando las causas y los agentes que le están provocando daño, para posteriormente proporcionarle el tratamiento más adecuado. Por esta razón se ha venido creando una conciencia ecológica con el fin de incentivar a la población a hacer un uso adecuado del agua, además de promover grandes avances para el mejoramiento de corrientes hídricas ya deterioradas.

Con el fin de elaborar un diagnostico sobre la calidad actual de una fuente hídrica se debe realizar un estudio preliminar. Una buena caracterización empieza con el establecimiento de una estación de monitoreo sobre las principales fuentes de agua que sea significativo, debido a que cada corriente de agua tiene condiciones muy típicas. También se debe elegir los parámetros que se van a determinar y los métodos a utilizar para su determinación.

En el presente trabajo se muestran los resultados de un estudio que se adelanto con el fin de evaluar el impacto de los vertimientos producidos por cada uno de los municipios del Departamento de Caldas. Para esto fue necesario elegir unos puntos de muestreo representativos nombrados de la siguiente manera; Los puntos de las estaciones E-1, E-3 y E-5 son puntos antes de cualquier descarga o vertimiento sea industrial o domestico, El paso a las estaciones E-2, E-4 y E-6 son puntos después de los descoles del municipio. Se incluye además un mapa con la ubicación de las estaciones en medio magnético, y en el Anexo W.



Después de elaborar el diagnóstico y realizar su respectivo análisis dentro del marco de la legislación ambiental pertinente se puede entrar a proponer los posibles métodos de tratamiento para la recuperación de la fuente hídrica.



2. OBJETIVOS

En el presente trabajo se realizó una Caracterización físico-química y microbiológica de las cuencas hidrográficas en el Departamento de Caldas. Convenio UNIVERSIDAD NACIONAL – PROAGUA - CORPOCALDAS. Haciendo una Identificación de las cuencas y ríos que sirven como fuente de abastecimiento de agua potable a los diferentes municipios del Departamento de Caldas. Se elaboró además un diagnóstico sobre la calidad actual de cada una de las fuentes receptoras de aguas residuales. Finalmente se proponen métodos de tratamiento para los casos estudiados.



3. MICROCUENCAS QUE ABASTECEN AGUA POTABLE A LOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS

Se entiende por microcuenca el área delimitada por la divisoria de aguas, con un patrón de drenaje común.

A continuación se presenta una descripción de los 22 municipios del Departamento de Caldas que son objeto de estudio, incluyendo mapas en los cuales se observa la(s) bocatoma(s) que sirven de abastecimiento de agua potable a dicho municipio (ver Anexos B1 hasta V2).



3.1. Descripción

3.1.1. AGUADAS

- Altitud: 2170 m
- Población: 62070 Hab.
- Extensión: 48220
- Temperatura Promedio: 17°C
- Fundación: 1808
- Erigido Municipio: 1814
- Distancia a Manizales: 126 Km

3.1.1.1. Actividad Económica

Los procesos económicos del municipio tienen que ver tanto con el sector primario como con el secundario y el terciario. En particular se destacan los cultivos de café y plátano, la ganadería, la producción artesanal de tejidos de iraca (sombrosos, bolsos y miniaturas) y el comercio en la cabecera municipal. Además, se reportan yacimientos de carbón, arcillas, plata y platino, entre otros.

3.1.1.2. Características de las Microcuencas

3.1.1.2.1 Cañada Hoyos San José

Caudal aproximado en L/s captados: 60

Número de viviendas beneficiadas: 2580

Población beneficiada: 12076

Área de la microcuenca m²: 592

Uso del suelo: Ganadero y Forestal

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 43

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Sin amenaza aparente

El municipio adquirió algunas áreas sobre la microcuenca San José donde se ha venido recuperando la cobertura boscosa. Las zonas de bosque se concentran sobre todo en la parte alta de las microcuencas y las orillas de los drenajes principales.

Adicionalmente existe un peligro latente de contaminación: orgánica por materia fecal de los animales que pastorean en los alrededores y química por el uso de agroquímicos en el control de maleza en los potreros.



3.1.1.2.2 La Chuchera y Barro Blanco

Caudal aproximado en L/s captados: 20

Número de viviendas beneficiadas: 2580

Población beneficiada: 12076

Área de la microcuenca: 151

Uso del suelo: Ganadero y Forestal

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Sin amenaza aparente

Las microcuencas han sido intervenidas por el hombre ya que a pesar de contar con una franja protectora en su cauce principal, es alarmante la tala de bosque para ampliar la frontera agropecuaria.

3.1.1.2.3 La Castrillona

Caudal aproximado en L/s captados: 8

Número de viviendas beneficiadas: 2580

Población beneficiada: 12076

Área de la microcuenca m²: 121

Uso del suelo: Ganadero y Forestal

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 47.6

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

La microcuenca La Castrillona se ubica al sur de la cabecera municipal; a pesar de que comparativamente su área es representativa frente a las demás microcuencas que abastecen el acueducto aporta un bajo caudal. Adicionalmente existe un peligro latente de contaminación: orgánica por materia fecal de los animales que pastorean en los alrededores y química por el uso de agroquímicos en el control de malezas y los potreros.

INTER-AULAS-ACADEMIÆ-QUÆRE-VERUM

3.1.2. ANSERMA

- Altitud: 1768 m
- Población: 48788 Habitantes
- Extensión: 208069 Has
- Temperatura Promedio: 19°C
- Fundación: 1539
- Erigido Municipio: 1882
- Distancia a Manizales: 74 Km.

3.1.2.1. Actividad Económica

Las bases productivas de este municipio giran alrededor de la agricultura, la ganadería, el comercio y la minería. Es muy significativa su producción cafetera, seguida de la caña de azúcar, el plátano, el cacao, la yuca, el maíz y el frijol.

3.1.2.2. Características de las Microcuencas

3.1.2.2.1 Tamarvia

Caudal aproximado en L/s captados: 12
Número de viviendas beneficiadas: 4193
Población beneficiada: 18312
Área de la microcuenca: 219
Uso del suelo: Ganadero y Agrícola
Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 5
Procesos erosivos: Esguerrimiento Difuso y Sobrepastoreo
Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Un gran porcentaje de la microcuenca se encuentra ubicada en el Departamento de Risaralda, generando incertidumbre frente a las necesidades y posibilidades de protección de esta con recursos del municipio.

En la parte alta de la microcuenca existe un cultivo de espárragos que demanda una alta cantidad de agroquímicos los cuales pueden estar contaminando la fuente.

Esta microcuenca fuera de abastecer el municipio, suministra agua para tres veredas más.

3.1.2.2.2 Cauya

Caudal aproximado en L/s captados: 21
Número de viviendas beneficiadas: 4193
Población beneficiada: 18312
Área de la microcuenca m²: 240
Uso del suelo: Agrícola
Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 0
Procesos erosivos: Esguerrimiento Difuso y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Por información recopilada en el municipio, una gran parte de la microcuenca se encuentra cultivada en café a libre exposición, razón por la cual en época de cosecha se aumenta la contaminación orgánica y en época de verano se disminuye el caudal. Hay preocupación por la posibilidad de estar consumiendo aguas con trazas de agroquímicos provenientes de las prácticas culturales inherentes al café. Durante la época de lluvias, por escorrentía se aumentan los sólidos en el agua requiriendo un mayor uso de floculadores en su tratamiento. Existe una urbanización que deposita sus aguas servidas por encima de la bocatoma.

3.1.2.2.3 Tabla Roja

Caudal aproximado en L/s captados: 90

Número de viviendas beneficiadas: 4193

Población beneficiada: 18312

Área de la microcuenca m²: 517

Uso del suelo: Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 10

Procesos erosivos: Sin información

Posibles amenazas: Sin información

Una gran parte de la microcuenca se encuentra cultivada en café a libre exposición, razón por la cual en época de cosecha se aumenta la contaminación orgánica y en verano se disminuye ostensiblemente el caudal.

Existe un asentamiento que amenaza el bombeo principal que de no controlarse afectaría severamente la infraestructura de bombeo.

3.1.2.2.4 Partidas

Caudal aproximado en L/s captados: 4

Número de viviendas beneficiadas: 4193

Población beneficiada: 18312

Área de la microcuenca m²: 59

Uso del suelo: Ganadero

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 0

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Los potreros invaden las rondas de agua, generando una matriz del paisaje en la cual predominan los pastos y las hierbas rastreras, es la microcuenca que presenta el estado más crítico de todas las que surten el acueducto del área urbana del municipio. En algunas ocasiones depositan basuras en el cauce de la quebrada, llegando a encontrar inclusive animales muertos.



3.1.3. ARANZAZU

- Altitud: 1910 m
- Población: 19452 Habitantes
- Extensión: 15150 Has
- Temperatura Promedio: 18°C
- Fundación: 1853
- Erigido Municipio: 1855
- Distancia a Manizales: 50 Km

3.1.3.1. Actividad Económica

La base económica del municipio son las actividades agropecuarias; en especial, cabe destacar la producción cafetera y los cultivos asociados como el plátano, la caña panelera, el frijón y el maíz. Adicionalmente, es significativa la ganadería de levante, engorde y leche. También es importante la actividad comercial y particularmente la venta de artesanías de fique.

3.1.3.2. Características de las Microcuencas

3.1.3.2.1 Chambery

Caudal aproximado en L/s captados: 40

Número de viviendas beneficiadas: 1753

Población beneficiada: 7609

Área de la microcuenca m²: 2889

Uso del suelo: Ganadería

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 47

Procesos erosivos: Esguerrimiento Difuso y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

La existencia de una mina de magnesio representa un riesgo latente para los habitantes de la cabecera municipal, se han llegado a detectar trazas no significativas en las aguas del acueducto.

Por la abrupta topografía se presentan constantes derrumbes que obligan a aumentar los procesos de tratamiento. El sobrepastoreo además de que dinamiza los procesos erosivos aumenta los desechos orgánicos y químicos que fluyen a la cuenca; en algunas ocasiones se ha detectado Salmonella y E. Coli en las aguas del acueducto. Es costumbre deshacerse de los animales muertos lanzándolos a los cauces.

INTER-AULAS - ACADEMIA - QUÆRE - VERUM

3.1.3.2.2 *El Brillante*

Caudal aproximado en L/s captados: 32

Número de viviendas beneficiadas: 1753

Población beneficiada: 7609

Área de la microcuenca m²: 325

Uso del suelo: Ganadería

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 34.5

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

No obstante considerar que la magnitud de las amenazas geológicas es de moderada a baja existen procesos erosivos puntuales que afectan directamente la red del acueducto. La red en esta microcuenca es en su mayoría de asbesto-cemento generando interrupciones frecuentes en el suministro de agua a la población.



3.1.4. BELALCAZAR

- Altitud: 1632 m
- Población: 16092 Habitantes
- Extensión: 11163 Has
- Temperatura Promedio: 19°C
- Fundación: 1888
- Erigido Municipio: 68

3.1.4.1 Actividad Económica

La agricultura y la ganadería son las principales actividades económicas del municipio con productos como el café, el plátano y la yuca. Adicionalmente, la piscicultura ha alcanzado un buen nivel de desarrollo debido a la riqueza hídrica local, en particular por la cuenca del Río Risaralda.

3.1.4.2 Características de las Microcuencas

3.1.4.2.1 La Laguna

Caudal aproximado en L/s captados: 10

Número de viviendas beneficiadas: 1159

Población beneficiada: 6318

Área de la microcuenca m²: 67

Uso del suelo: Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 20

Procesos erosivos: Esguerrimiento Concentrado y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

El sistema de producción cafetero en el occidente del Departamento se caracteriza por ser a libre exposición, no obstante en esta microcuenca el 53 % de ella se encuentra sembrada en café con sombrero, llegando a sembrarse hasta las orillas de los hilos de agua. En época de cosecha se aumenta la contaminación orgánica por vertimientos de mieles. Por las pendientes que presenta la zona los agroquímicos usados en el café son arrastrados fácilmente hacia las corrientes de agua contaminándolas.

3.1.4.2.2 Sanjón Hondo

Caudal aproximado en L/s captados: 24

Número de viviendas beneficiadas: 1159

Población beneficiada: 6318

Área de la microcuenca m²: 140

Uso del suelo: Agrícola

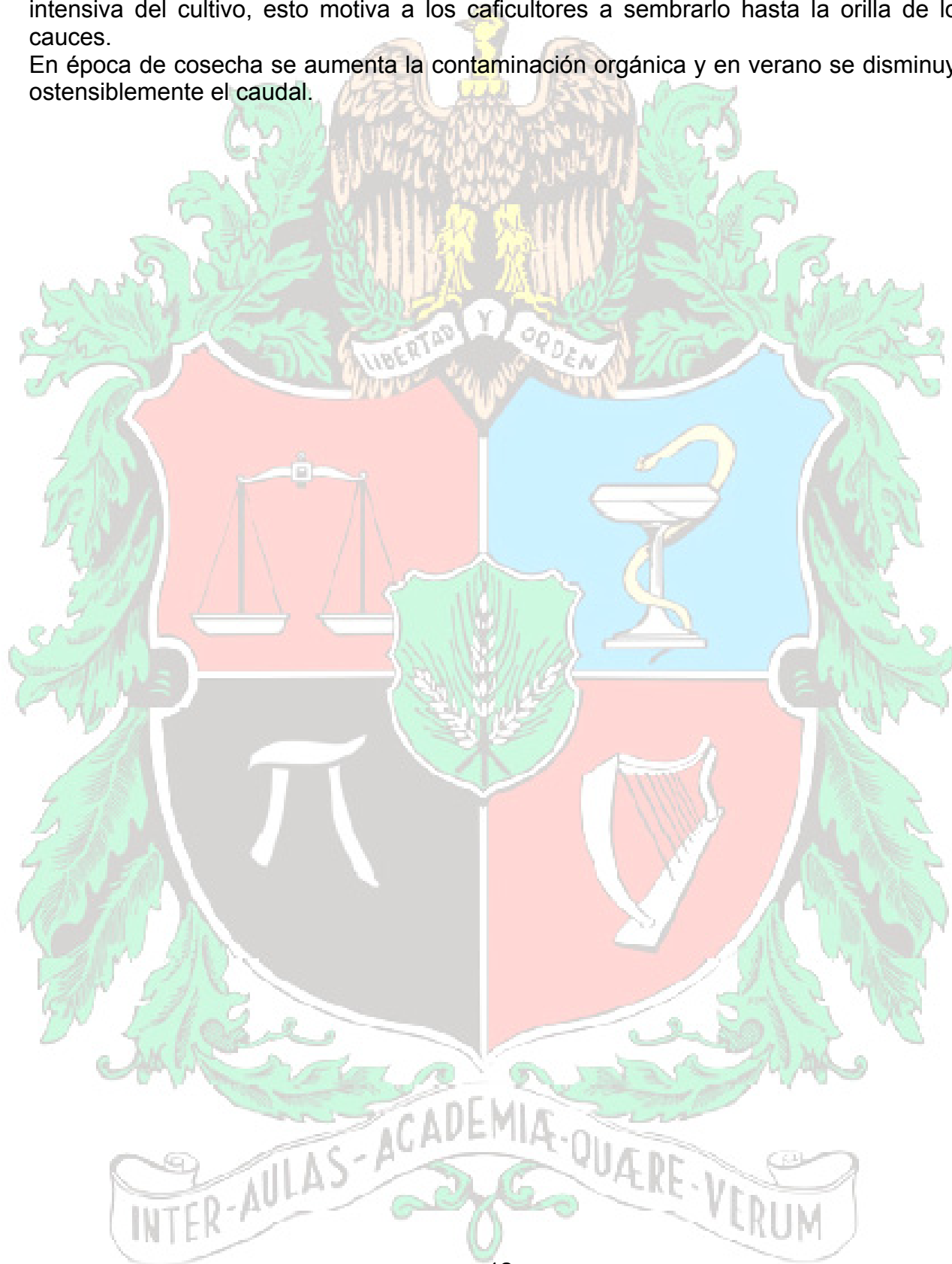
Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 10

Procesos erosivos: Esguerrimiento Concentrado y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

El sistema de producción cafetero en el occidente del Departamento se caracteriza por ser a libre exposición e incluyendo prácticas culturales orientadas hacia la explotación intensiva del cultivo, esto motiva a los caficultores a sembrarlo hasta la orilla de los cauces.

En época de cosecha se aumenta la contaminación orgánica y en verano se disminuye ostensiblemente el caudal.



3.1.5. FILADELFIA

- Altitud: 1620 m
- Población: 17291 Habitantes
- Extensión: 19141 Has
- Temperatura Promedio: 20°C
- Fundación: 1850
- Erigido Municipio: 1869
- Distancia a Manizales: 49 Km.

3.1.5.1 Actividad Económica

En Filadelfia se desarrollan los tres grandes sectores de la economía; sin embargo la mayoría de sus ingresos provienen del café, la caña de azúcar y la ganadería; el potencial productivo de este municipio está igualmente asociado con la explotación minera, en particular por la presencia de mercurio, oro, piedra caliza y sal.

3.1.5.2 Características de las Microcuencas

3.1.5.2.1 Chambery

Caudal aproximado en L/s captados: 42

Número de viviendas beneficiadas: 1228

Población beneficiada: 5723

Área de la microcuenca m²: 2889

Uso del suelo: Ganadería

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 47

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

La existencia de una mina de magnesio representa un riesgo latente para los habitantes de la cabecera municipal, se han llegado a detectar trazas no significativas en las aguas del acueducto.

Por la abrupta topografía se presentan constantes derrumbes que obligan a aumentar los procesos de tratamiento. El sobrepastoreo además de que dinamiza los procesos erosivos aumenta los desechos orgánicos y químicos que fluyen a la cuenca; en algunas ocasiones se ha detectado Salmonella y E. Coli en las aguas del acueducto. Es costumbre deshacerse de los animales muertos lanzándolos a los cauces.

3.1.5.2.2 La Cristalina

Caudal aproximado en L/s captados: 13

Número de viviendas beneficiadas: 1228

Población beneficiada: 4723

Área de la microcuenca m²: 167

Uso del suelo: Ganadera y Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 0
Procesos erosivos: Esguerrimiento Concentrado y Sobrepastoreo
Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Esta microcuenca se caracteriza por estar sembrada en café con sombrío, asemejándose a un bosque secundario, con el inconveniente que se ha sembrado hasta las orillas de los cauces. En época de cosecha se aumenta la demanda de agua y la contaminación orgánica por vertimientos de mieles. En invierno el agua lluvia arrastra los agroquímicos pendiente abajo hasta las fuentes de agua deteriorando su calidad. La explotación ganadera se da principalmente en la parte alta de la microcuenca, es de tipo extensivo no tecnificado, el ganado usa como bebedero el cauce de la quebrada contaminando el agua de este. Se ha reemplazado totalmente la cobertura boscosa del nacimiento por pastos y vegetación rastrera en detrimento del caudal.

3.1.5.2.3 La Busaca

Caudal aproximado en L/s captados: 8.05

Número de viviendas beneficiadas: 1228

Población beneficiada: 4723

Área de la microcuenca m²: 137

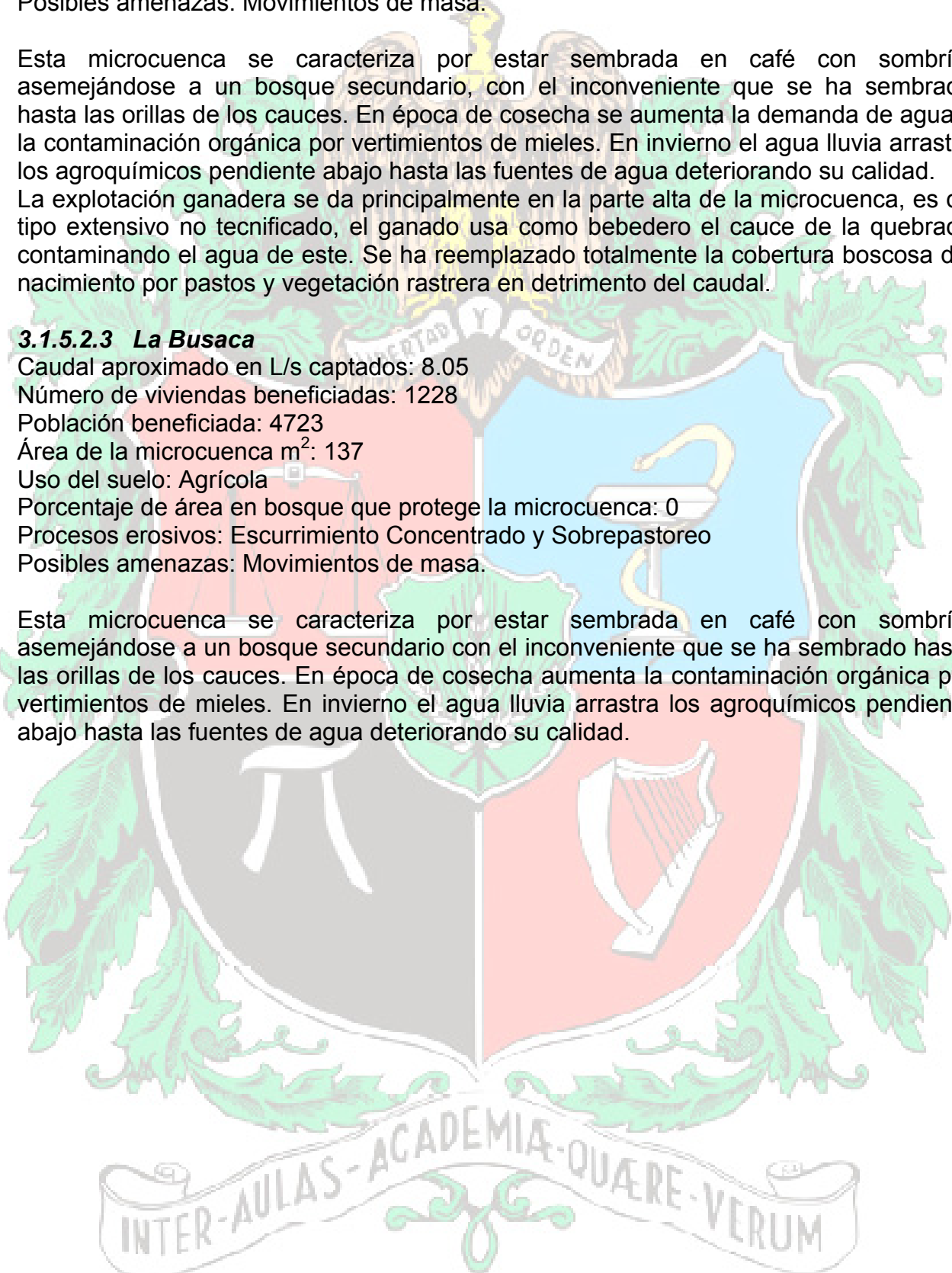
Uso del suelo: Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 0

Procesos erosivos: Esguerrimiento Concentrado y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Esta microcuenca se caracteriza por estar sembrada en café con sombrío, asemejándose a un bosque secundario con el inconveniente que se ha sembrado hasta las orillas de los cauces. En época de cosecha aumenta la contaminación orgánica por vertimientos de mieles. En invierno el agua lluvia arrastra los agroquímicos pendiente abajo hasta las fuentes de agua deteriorando su calidad.



3.1.6. LA MERCED

- Altitud: 1819 m
- Población: 13897 Habitantes
- Extensión: 8893,7 Has
- Temperatura Promedio: 19 °C
- Fundación: 1911
- Erigido Municipio: 1973
- Distancia a Manizales: 98 Km.

3.1.6.1 Actividad Económica

Es un municipio especialmente ganadero, sin embargo se cultivan productos como el café, la caña panelera, el tomate, el plátano, el frijol, el cacao y la yuca. Al mismo tiempo cuenta con un buen número de microempresas relacionadas con la producción panelera.

3.1.6.2 Características de las Microcuencas

3.1.6.2.1 Santa Ana

Caudal aproximado en L/s captados: 6

Número de viviendas beneficiadas: 650

Población beneficiada: 2614

Área de la microcuenca m²: 79

Uso del suelo: Agrícola y Ganadero

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 0

Procesos erosivos: Esguerrimiento Concentrado y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Existe un déficit marcado de agua que afecta el suministro en el área urbana durante períodos relativamente cortos de ausencia de lluvias, evidenciando la alta vulnerabilidad del municipio.

A pesar de que las veredas aledañas a la cabecera cuentan con acueductos propios, fincas con consumos altos de agua sangran la conducción del acueducto urbano, limitando su eficiencia.

3.1.6.2.2 El Rosario

Caudal aproximado en L/s captados: 5

Número de viviendas beneficiadas: 650

Población beneficiada: 2614

Área de la microcuenca m²: 93

Uso del suelo: Agrícola y Ganadero

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 20

Procesos erosivos: Esguerrimiento Concentrado y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

En el nacimiento existe un pequeño bosque que no alcanza a cubrir el área de protección mínima legalmente establecida.

En la cabecera se presentan todos aquellos problemas derivados de la ganadería y en la parte baja los problemas están asociados al problema cafetero, la anterior condición se traduce en los bajos caudales existentes.

3.1.6.2.3 Isabela

Caudal aproximado en L/s captados: 6

Número de viviendas beneficiadas: 650

Población beneficiada: 2614

Área de la microcuenca m²: 293

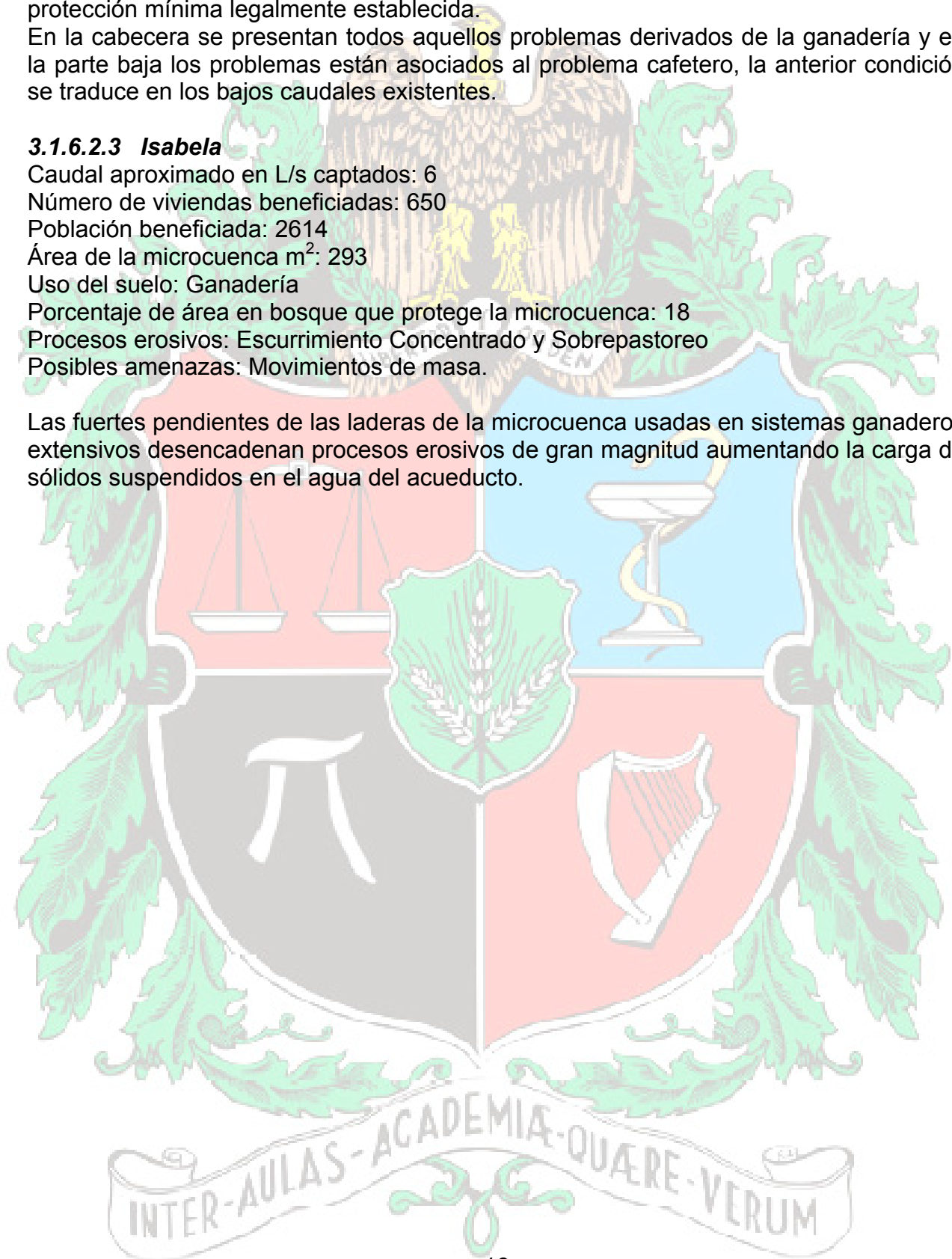
Uso del suelo: Ganadería

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 18

Procesos erosivos: Esguerrimiento Concentrado y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Las fuertes pendientes de las laderas de la microcuenca usadas en sistemas ganaderos extensivos desencadenan procesos erosivos de gran magnitud aumentando la carga de sólidos suspendidos en el agua del acueducto.



3.1.7. MANZANARES

- Altitud: 1853 m
- Población: 39785 Habitantes
- Extensión: 244
- Temperatura Promedio: 18°C
- Fundación: 1863
- Erigido Municipio: 1864
- Distancia a Manizales: 100 Km.

3.1.7.1 Actividad Económica

Los ingresos de esta localidad provienen especialmente de la ganadería y el cultivo del café. También son importantes la producción de caña panelera y plátano.

Su posición estratégica en el centro de ésta subregión, lo ha convertido en el eje de la actividad comercial y del transporte. Adicionalmente, produce a nivel microindustrial, bloques para la construcción, cueros, calzado y velas.

3.1.7.2 Características de las Microcuencas

3.1.7.2.1 El Palo

Caudal aproximado en L/s captados: 20

Número de viviendas beneficiadas: 2025

Población beneficiada: 10125

Área de la microcuenca m²: 68

Uso del suelo: Forestal y Ganadero

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 28

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

En el pasado fueron reemplazados los bosques protectores por extensas áreas en pastos, poco productivas; los problemas que se crearon se fueron acentuando y notándose principalmente en la disminución y contaminación de las fuentes de agua. En la actualidad esta tendencia está siendo desplazada por la siembra de bosques productores, ampliando las áreas de bosque natural que se encuentran limitadas por las orillas del drenaje, favoreciéndose la regulación de los caudales de agua.

3.1.7.2.2 *El Rosario*

Caudal aproximado en L/s captados: 28

Número de viviendas beneficiadas: 2025

Población beneficiada: 10125

Área de la microcuenca m²: 114

Uso del suelo: Forestal

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 100

Procesos erosivos: Ninguno

Posibles amenazas: Sin amenaza aparente

Siendo una microcuenca cubierta totalmente por bosques: el 18 % en bosque natural y el resto en bosque plantado; garantiza la conservación del caudal más o menos estable durante todo el año. Durante la temporada de lluvias pueden presentarse esporádicamente pequeños deslizamientos que afectan la tubería de conducción.

El beneficio de los bosques ubicados en esta microcuenca debe ser programado cuidadosamente para evitar generar efectos negativos sobre la cantidad y calidad del agua para el acueducto.



3.1.8. MARMATO

- Altitud: 1310 m
- Población: 9313 Habitantes
- Extensión: 40.4 km
- Temperatura Promedio: 23°C
- Fundación: 1540
- Erigido Municipio: 1825
- Distancia a Manizales: 142 Km.

3.1.8.1 Actividad Económica

La base productiva de la localidad es la explotación de las minas de oro. La importancia histórica de estas minas es tanta que en los primeros momentos de la república fue la garantía principal del nuevo Estado Colombiano para sus primeros empréstitos internacionales con la corona inglesa. En la actualidad siguen generando riqueza, aunque la proporción ha disminuido notoriamente. El café y la ganadería son renglones secundarios.

3.1.8.2 Características de la Microcuenca

3.1.8.2.1 Río Arquía

Número de viviendas beneficiadas: 350

Población beneficiada: 1650

Área de la microcuenca m²: 450

Uso del suelo: Ganadera

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 80

Procesos erosivos: Sin información

Posibles amenazas: Erosión

La conservación de la cobertura vegetal de la cuenca es buena.

3.1.9. MARQUETALIA

- Altitud: 1600 m
- Población: 16724 Habitantes
- Extensión: 16300 has
- Temperatura Promedio: 20°C
- Fundación: 1903
- Erigido Municipio: 1924
- Distancia a Manizales: 124 Km

3.1.9.1 Actividad Económica

La vida económica del municipio se mueve, especialmente entre la producción cafetera y la ganadería. Adicionalmente se cultiva el plátano y la caña panelera como parte de los procesos de diversificación; también se reconoce su potencia.

3.1.9.2 Características de las Microcuencas

3.1.9.2.1 San Juan

Caudal aproximado en L/s captados: 13

Número de viviendas beneficiadas: 800

Población beneficiada: 4809

Área de la microcuenca: 135

Uso del suelo: Forestal

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 100

Procesos erosivos: Ninguno

Posibles amenazas: Sin amenaza aparente.

Debido al difícil acceso a la zona y a las fuertes pendientes es una microcuenca con una excelente cobertura vegetal, el riesgo de que se cambie el uso actual del suelo es mínimo.

Esporádicamente se presentan problemas por extracción de madera y el ingreso de cazadores a la microcuenca.

3.1.9.2.2 Penagos

Caudal aproximado en L/s captados: 4

Número de viviendas beneficiadas: 800

Población beneficiada: 4809

Área de la microcuenca m²: 44

Uso del suelo: Agrícola

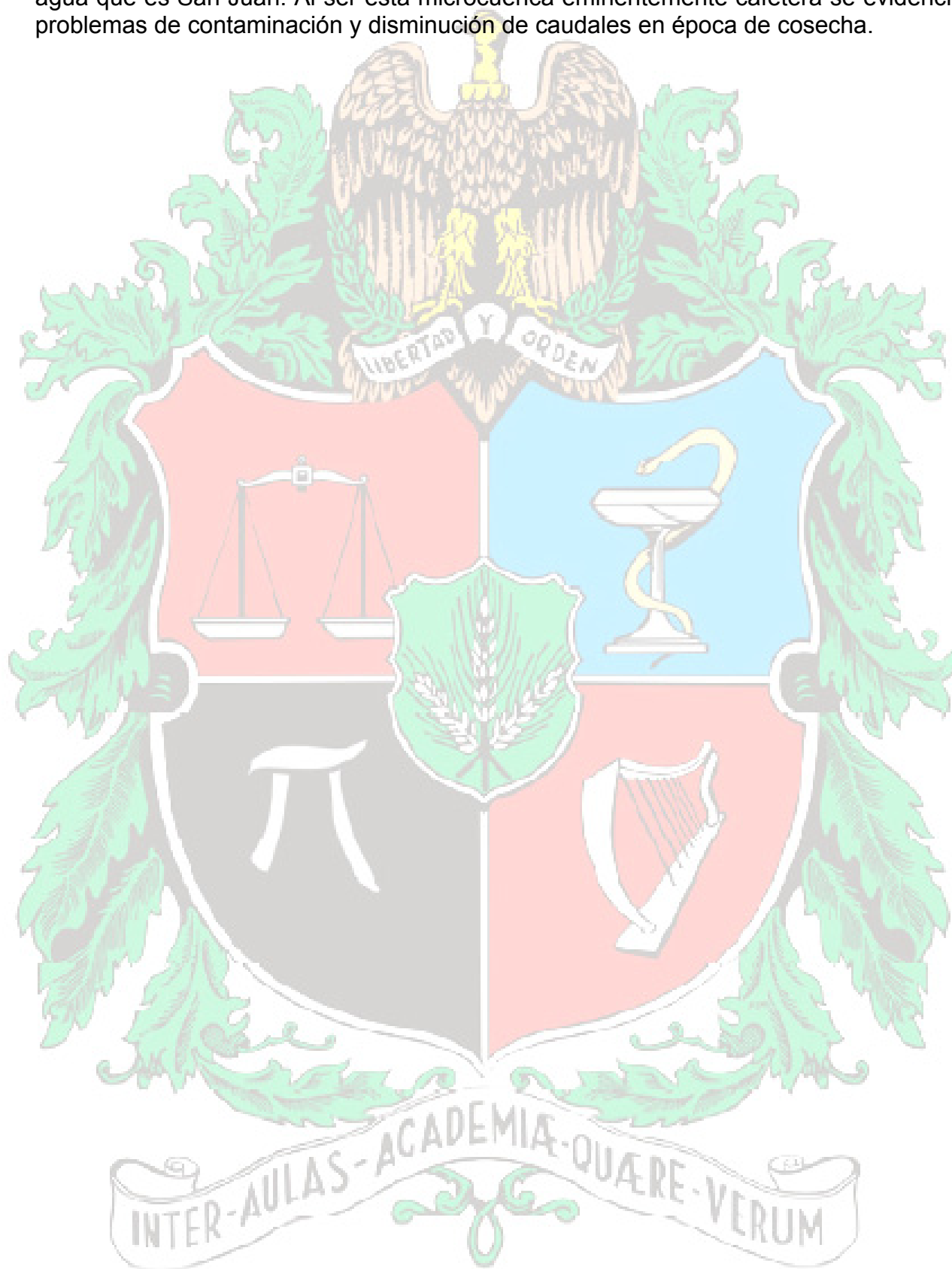
Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 20

Procesos erosivos: Esguerrimiento Difuso

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

INTER-AULAS-ACADEMIA-QUÆRE-VERUM

Esta es una fuente que se toma como alternativa a la fuente principal de suministro de agua que es San Juan. Al ser esta microcuenca eminentemente cafetera se evidencian problemas de contaminación y disminución de caudales en época de cosecha.



3.1.10. MARULANDA

- Altitud: 2820 m
- Población: 4317 Habitantes
- Extensión: 417 Has
- Temperatura Promedio: 13°C
- Fundación: 1877
- Erigido Municipio: 1885
- Distancia a Manizales: 113 Km.

3.1.10.1 Actividad Económica

Los procesos económicos del municipio dependen especialmente de la producción agropecuaria. La principal tradición productiva está relacionada con la ovinocultura, con una historia de 70 años; el cultivo y la comercialización de papa y la ganadería de leche de la raza normanda, que responde a las características climáticas de la localidad. Marulanda es igualmente conocido por las artesanías en lana, como cobijas, bufandas, guantes, ruanas y mantas.

3.1.10.2 Características de las Microcuencas

3.1.10.2.1 Los Yuyos

Caudal aproximado en L/s captados: 8.45

Población beneficiada: 1331

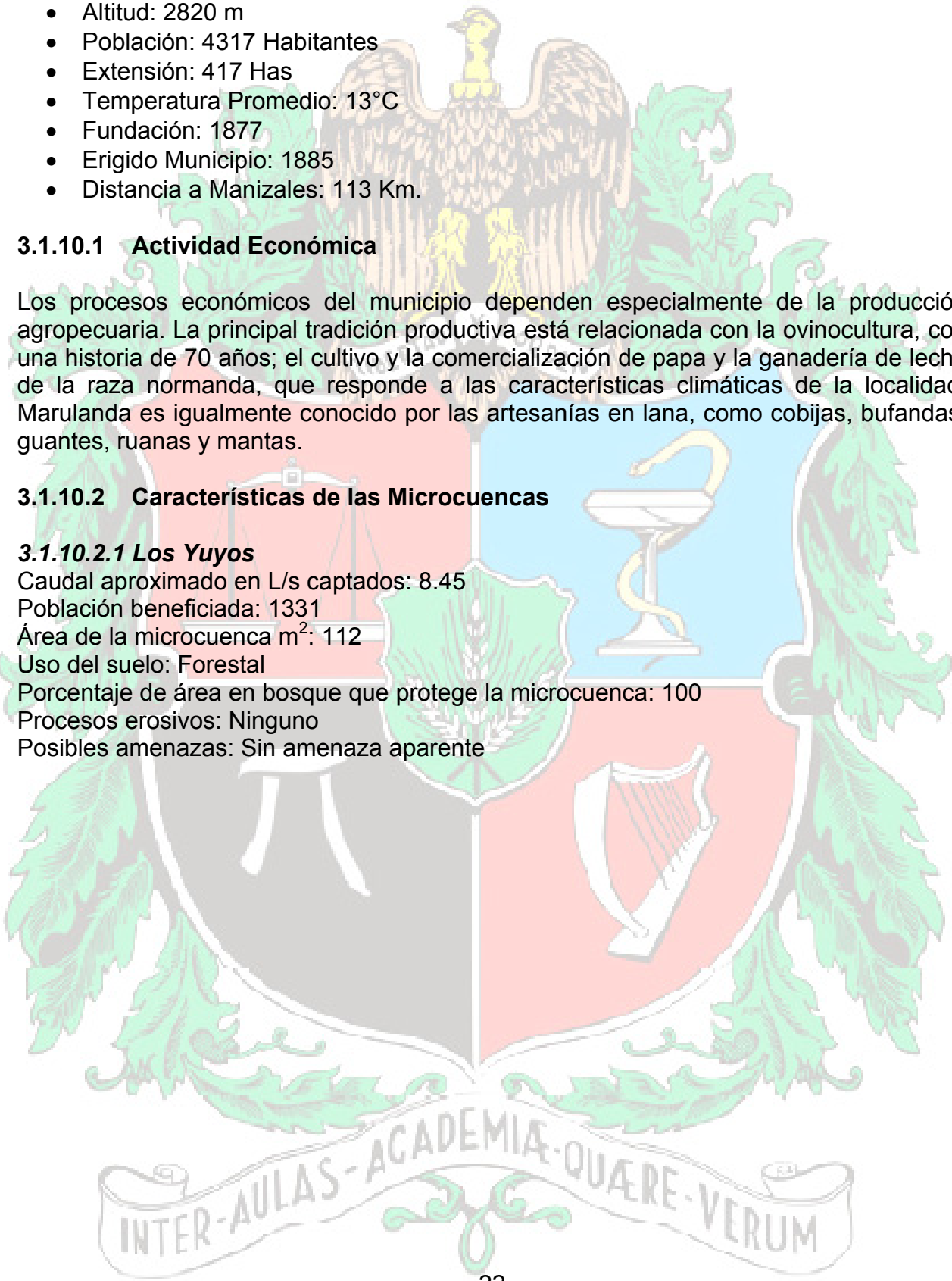
Área de la microcuenca m²: 112

Uso del suelo: Forestal

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 100

Procesos erosivos: Ninguno

Posibles amenazas: Sin amenaza aparente



3.1.11. NEIRA

- Altitud: 1969 m
- Población: 26696 Habitantes
- Extensión: 36800 Has
- Temperatura Promedio: 18°C
- Fundación: 1842
- Erigido Municipio: 1844
- Distancia a Manizales: 21 Km.

3.1.11.1. Actividad Económica

Sus principales productos agropecuarios son el café, el ganado y la caña de azúcar. Adicionalmente se cosechan otros productos que suplen las necesidades alimenticias de la población Neirana.

3.1.11.2. Características de las Microcuencas

3.1.11.2.1 La floresta

Caudal aproximado en L/s captados: 2

Población beneficiada: 12874

Área de la microcuenca m²: 120

Uso del suelo: Forestal

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 100

Procesos erosivos: Ninguno

Posibles amenazas: Sin amenaza aparente.

Es una microcuenca relativamente bien protegida con bosques secundarios de regeneración natural; en la parte baja de la microcuenca predominan los potreros en sistemas ganaderos extensivos.

3.1.11.2.2 Lusitania

Caudal aproximado en L/s captados: 8

Población beneficiada: 12874

Área de la microcuenca m²: 91

Uso del suelo: Ganadero y Forestal

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 50

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

3.1.11.2.3 San Juan

Caudal aproximado en L/s captados: 20

Población beneficiada: 12874

Área de la microcuenca m²: 91

Uso del suelo: Forestal y Ganadero

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 50

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Las fuertes pendientes de las laderas de la microcuenca, la parte baja de ellas son usadas en sistemas ganaderos extensivos desencadenando procesos erosivos de gran magnitud aumentando la carga de sólidos suspendidos en el agua del acueducto. La cabecera de la microcuenca presenta pequeños bosques protectores.

3.1.11.2.4 Berlín

Caudal aproximado en L/s captados: 45

Número de viviendas beneficiadas: 2184

Población beneficiada: 12874

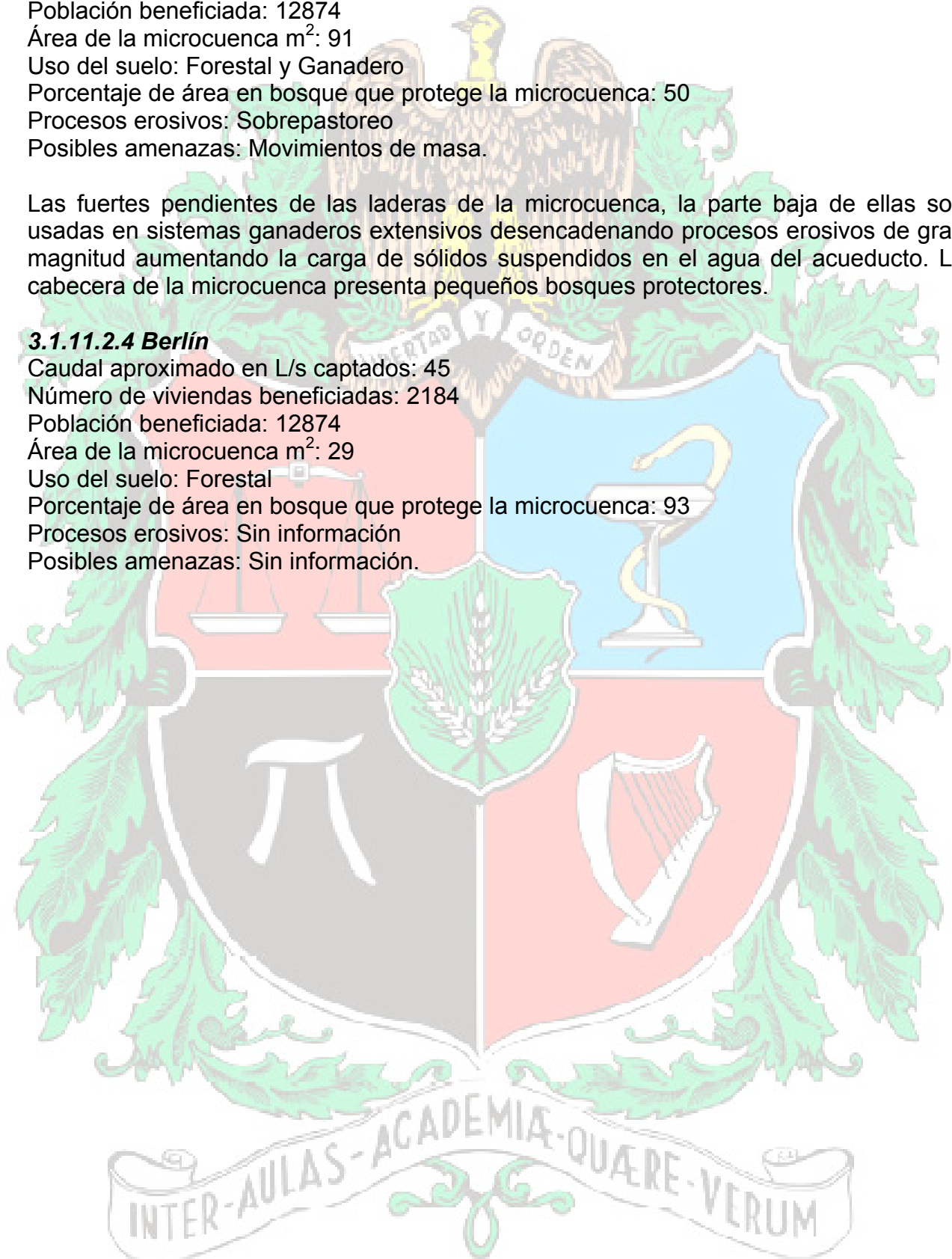
Área de la microcuenca m²: 29

Uso del suelo: Forestal

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 93

Procesos erosivos: Sin información

Posibles amenazas: Sin información.



3.1.12. NORCASIA

- Altitud: 1135 m
- Población: 8053 Habitantes
- Extensión: 2112 Km²
- Temperatura Promedio: 25°C
- Fundación: 1895
- Erigido Municipio: 1999
- Distancia a Manizales: 206 Km.

3.1.12.1. *Actividad Económica*

Es un municipio netamente agrícola que tiene como principal cultivo el aguacate; adicionalmente se producen yuca, plátano, cacao, maíz, caña panelera, guadua, pastos y frutales. En su futuro próximo serán muy significativos la generación de energía eléctrica y el desarrollo turístico.



3.1.13. PACORA

- Altitud: 1819 m
- Población: 21864 Habitantes
- Extensión: 25774 Has
- Temperatura Promedio: 18°C
- Fundación: 1817
- Erigido Municipio: 1818
- Distancia a Manizales: 111 Km.

3.1.13.1. Actividad Económica

Las principales actividades productivas del municipio son la caficultura y la ganadería; también ejercen una influencia significativa cultivos como la caña panelera, el maíz, el plátano, el caucho y algunos frutales. Recientemente se han fomentado proyectos de microindustrialización asociados con las conservas, las golosinas y la panela pulverizada.

3.1.13.2. Características de las Microcuencas

3.1.13.2.1. El Vergel

Caudal aproximado en L/s captados: 32

Número de viviendas beneficiadas: 1664

Población beneficiada: 6525

Área de la microcuenca m²: 1200

Uso del suelo: Forestal y Ganadería

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 15

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Existe un problema grave con la conducción de la bocatomía a la planta por ser asbestocemento que soporta presiones relativamente bajas, adicionalmente se presenta numerosos derrumbes en época de invierno.

La empresa Tablemac estableció una reforestación comercial dentro de la microcuenca, sembrando directamente hasta el cauce.

El 60 % de la población consume agua tratada y el 40 % restante consume agua cruda sin tratamiento previo.

3.1.13.2.2. Manantiales

Número de viviendas beneficiadas: 1664

Población beneficiada: 6500

Área de la microcuenca m²: 400

Uso del suelo: Forestal y Ganadero

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 5

Procesos erosivos: Esguerrimiento concentrado y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Debido a la topografía existe un peligro de represamiento por asentamiento del terreno. En periodos relativamente cortos de verano, debido al poco caudal, se seca casi por completo.

3.1.13.2.3. Polideportivo

Número de viviendas beneficiadas: 120

Población beneficiada: 600

Área de la microcuenca m²: 300

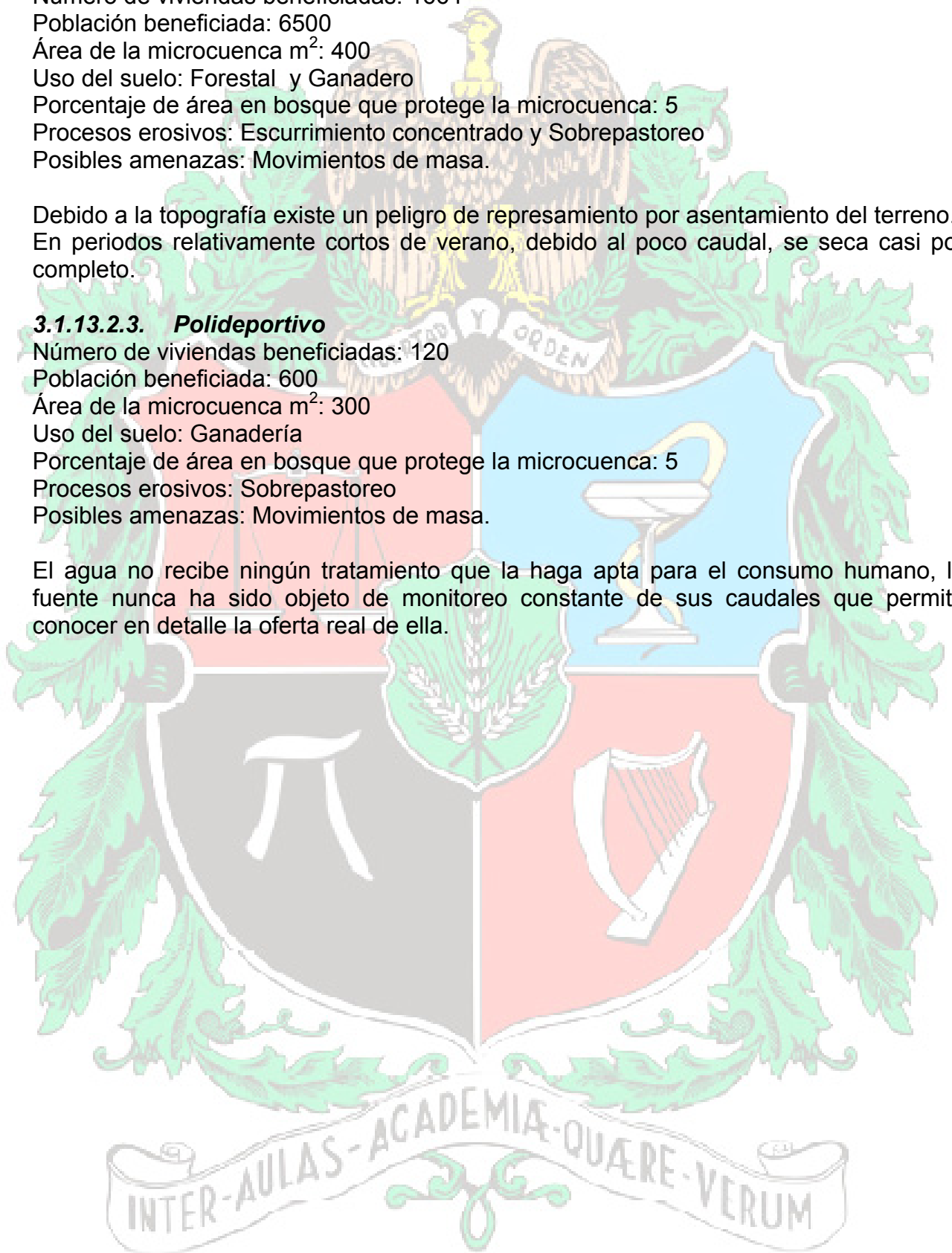
Uso del suelo: Ganadería

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 5

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

El agua no recibe ningún tratamiento que la haga apta para el consumo humano, la fuente nunca ha sido objeto de monitoreo constante de sus caudales que permita conocer en detalle la oferta real de ella.



3.1.14. PENSILVANIA

- Altitud: 2050 m
- Población: 26975 Habitantes
- Extensión: 51300 ha
- Temperatura Promedio: 17°C
- Fundación: 1860
- Erigido Municipio: 1871
- Distancia a Manizales: 146 Km.

3.1.14.1. Actividad Económica

El desarrollo económico local se sustenta en las actividades agropecuarias. Se destacan tres grandes subsectores: la ganadería, la caficultura y la siembra y procesamiento de la madera; adicionalmente se cultivan la caña de azúcar, el plátano, el frijol, la yuca y la papa.

3.1.14.2. Características de las Microcuencas

3.1.14.2.1. *El Dorado*

Caudal aproximado en L/s captados: 20

Número de viviendas beneficiadas: 1900

Población beneficiada: 9000

Área de la microcuenca m²: 249

Uso del suelo: Forestal

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 100

Procesos erosivos: Ninguno

Posibles amenazas: Sin amenaza aparente.

Las fuentes de agua para suministro de consumo humano del área urbana del municipio de Pensilvania cuenta en términos generales con buena protección, lo que no le resta importancia a la necesidad de diseñar programas de uso y manejo de la cuenca con enfoque sostenible.

3.1.14.2.2. *El Popal*

Caudal aproximado en L/s captados: 50

Número de viviendas beneficiadas: 1900

Población beneficiada: 9000

Área de la microcuenca m²: 183

Uso del suelo: Forestal y Ganadería

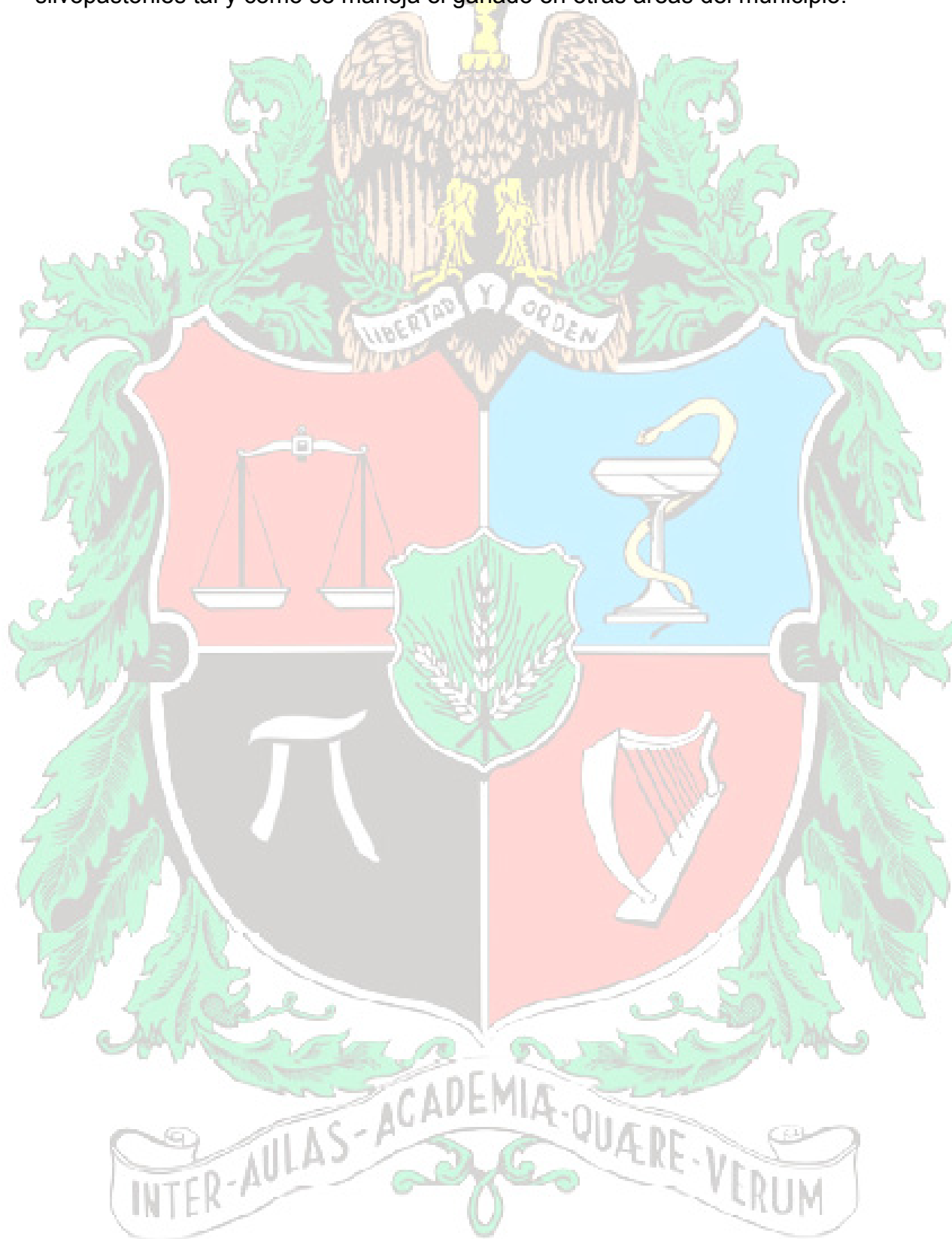
Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 69

Procesos erosivos: Ninguno

Posibles amenazas: Sin amenaza aparente.

INTER-AULAS-ACADEMIAE-QUAERE-VERUM

En términos generales la microcuenca presenta una buena protección. Las áreas existentes en potreros podrían reemplazarse progresivamente por sistemas silvopastoriles tal y como se maneja el ganado en otras áreas del municipio.



3.1.15. RIOSUCIO

- Altitud: 1783 m
- Población: 49548 Habitantes
- Extensión: 429,1 Has
- Temperatura Promedio: 19°C
- Fundación: 1819
- Erigido Municipio: 1846
- Distancia a Manizales: 91 Km.

3.1.15.1. Actividad Económica

Riosucio es un municipio eminentemente cafetero; sin embargo en su territorio se encuentran algunas explotaciones de oro, yeso, metales preciosos, arcilla y carbón. La actividad agrícola complementaria se basa en la producción de: caña panelera, plátano, fríjol, maíz, morera, cacao, tomate, cebolla y frutales como la mora, la manzana, la pera y el chontaduro. A nivel pecuario posee un poco más de mil cabezas de ganado y cerca de 150 estanques para peces.

3.1.15.2. Características de las Microcuencas

3.1.15.2.1. La Playa

Caudal aproximado en L/s captados: 28

Número de viviendas beneficiadas: 4045

Población beneficiada: 16000

Área de la microcuenca m²: 527

Uso del suelo: Ganadero y Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 27

Procesos erosivos: Esguerrimiento difuso y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Como consecuencia de la deforestación hecha para ampliar las zonas de potrero, en verano disminuye notablemente el caudal. La administración municipal ha adquirido aproximadamente 100 hectáreas de esta cuenca con el fin de reforestarlas.

3.1.15.2.2. La Robada

Caudal aproximado en L/s captados: 30

Número de viviendas beneficiadas: 4045

Población beneficiada: 16000

Área de la microcuenca m²: 232

Uso del suelo: Forestal

Procesos erosivos: Esguerrimiento difuso

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

3.1.16. RISARALDA

- Altitud: 1743
- Población: 22567 Habitantes
- Extensión: 10840 Has
- Temperatura Promedio: 19°C
- Fundación: 1908
- Erigido Municipio: 1916
- Distancia a Manizales: 54 Km.

3.1.16.1 Actividad Económica

Esta localidad depende productiva y comercialmente del café. Se siembran otros cultivos para el consumo local, como verduras, caña de azúcar, yuca, plátano, frijol y maíz. Adicionalmente, la producción pecuaria incluye ganadería de engorde, cerdos, peces y aves.

3.1.16.2 Características de la Microcuenca

3.1.16.2.1. Chavarquía

Caudal aproximado en L/s captados: 20

Número de viviendas beneficiadas: 1230

Población beneficiada: 4000

Área de la microcuenca m²: 139

Uso del suelo: Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 10

Procesos erosivos: Esguerrimiento concentrado

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

El área urbana del municipio de Risaralda es muy vulnerable a los cortes en el suministro de agua, ya que esta debe ser bombeada, estos, los equipos de bombeo son antiguos y no cuentan con una fuente alterna de energía para superar los cortes de energía.

La difusión de la caficultura en la región ha traído consigo la deforestación total, respetando muy tímidamente la franja protectora del cauce.

3.1.17. SALAMINA

- Altitud: 1775 m
- Población: 29048 Hab.
- Extensión: 40354 Has
- Temperatura Promedio: 22°C
- Fundación: 1825
- Erigido Municipio: 1861
- Distancia a Manizales: 75 Km.

3.1.17.1 Actividad Económica

Las actividades productivas giran en torno a la caficultura, la ganadería (leche y carne) y la siembra y procesamiento de la caña panelera. Igualmente existen microindustrias para el abastecimiento local de materiales de construcción, cobijas, ruanas, tapices, abonos y velas. La actividad comercial apoya los sectores primarios y las demandas básicas de sus habitantes.

3.1.17.2 Características de las Microcuencas

3.1.17.2.1 Chagualito

Caudal aproximado en L/s captados: 45

Número de viviendas beneficiadas: 2795

Población beneficiada: 11492

Área de la microcuenca m²: 479

Uso del suelo: Ganadero y Forestal

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 34

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Los bosques existentes están exclusivamente concentrados en los nacimientos y los márgenes de los cauces principales. La pendiente que se encuentra en el rango de moderada a alta favorece el desarrollo de sistemas de ganadería extensiva, cuyos efectos se detectan en las fuentes de agua por el aumento de sedimentos y la contaminación orgánica y eventualmente con agroquímicos.

3.1.17.2.2 El Uvito

Caudal aproximado en L/s captados: 30

Número de viviendas beneficiadas: 2795

Población beneficiada: 11492

Área de la microcuenca m²: 603

Uso del suelo: Ganadero y Forestal

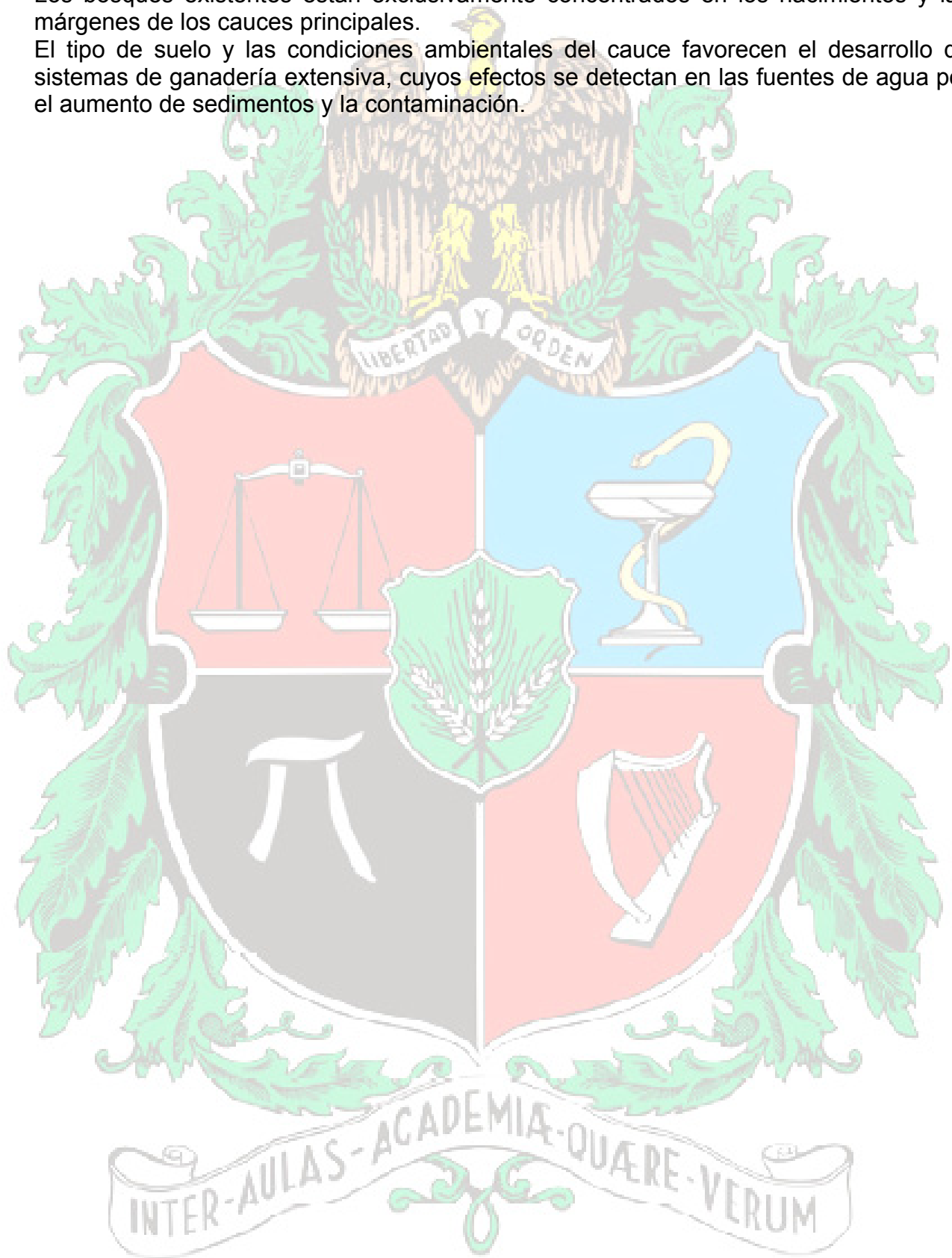
Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 34

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Los bosques existentes están exclusivamente concentrados en los nacimientos y las márgenes de los cauces principales.

El tipo de suelo y las condiciones ambientales del cauce favorecen el desarrollo de sistemas de ganadería extensiva, cuyos efectos se detectan en las fuentes de agua por el aumento de sedimentos y la contaminación.



3.1.18. SAMANA

- Altitud: 1460 m
- Población: 44012 Habitantes
- Extensión: 97581 Km²
- Temperatura Promedio: 20°C
- Fundación: 1884
- Erigido Municipio: 1908
- Distancia a Manizales: 189 Km.

3.1.18.1. Actividad Económica

La producción agrícola de este municipio gira en torno a tres cultivos fundamentales: el café, la caña panelera y el maíz; además aunque en menor escala, se cultiva la yuca, el plátano, el cacao, el frijol y el caucho.

3.1.18.2. Características de las Microcuencas

3.1.18.2.1 El Dorado

Caudal aproximado en L/s captados: 12

Número de viviendas beneficiadas: 1284

Población beneficiada: 6000

Área de la microcuenca m²: 93

Uso del suelo: Ganadero

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 22.4

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

3.1.18.2.2 Santa Inés

Caudal aproximado en L/s captados: 19

Número de viviendas beneficiadas: 1284

Población beneficiada: 6000

Área de la microcuenca m²: 93

Uso del suelo: Ganadero

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 14

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Toda el área de las microcuencas pertenece a la administración municipal, por lo tanto la gestión inmediata debe orientarse al aislamiento de las cuencas y al mantenimiento constante de las cercas para evitar la entrada de ganado en las cuencas y al mismo tiempo permitir la recuperación de la cobertura vegetal.

3.1.19. SAN JOSE

- Altitud: 1710 m
- Población: 7480 Habitantes
- Extensión: 536 Km²
- Temperatura Promedio: 19°C
- Fundación: 1901
- Erigido Municipio: 1997
- Distancia a Manizales: 67 Km.

3.1.19.1. Actividad Económica

La producción agropecuaria de esta localidad está basada en la caficultura. Además, existen cultivos de caña de azúcar tecnificada, morera, cacao tradicional, plátano, cítricos, maíz, tomate chonto y maracuyá.

3.1.19.2. Características de la Microcuenca

3.1.19.2.1 Quebrada Buenavista

Caudal aproximado en L/s captados: 11

Número de viviendas beneficiadas: 432

Población beneficiada: 1728

Área de la microcuenca m²: 392

Uso del suelo: Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 30

Procesos erosivos: Esguerrimiento concentrado y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Los usos del suelo que en su mayoría es café a libre exposición no favorecen la permanencia de un caudal suficiente en todas las épocas del año y desmejoran la calidad fisicoquímica de agua.

Algunas de las transversales de la vía de acceso depositan sus aguas directamente a la quebrada, enturbiando el agua.

3.1.20. SUPIA

- Altitud: 1183 m
- Población: 25005 Habitantes
- Extensión: 12140 Has
- Temperatura Promedio: 22°C
- Fundación: 1540
- Erigido Municipio: 1777
- Distancia a Manizales: 77 Km.

3.1.20.1. Actividad Económica

Supía es un municipio que combina la producción agrícola con la pecuaria. Sus cultivos principales son el café, el plátano, la caña panelera, los cítricos, el frijol, la yuca, el maíz, el fique, la morera y el cacao. A nivel pecuario se destacan el ganado a doble propósito, los cerdos, el pescado y las aves de corral. Otra actividad adicional en Supía es la minería asociada con el oro, la arcilla y el material aluvial.

3.1.20.2. Características de la Microcuenca

3.1.20.2.1. Quebrada Grande

Caudal aproximado en L/s captados: 60

Número de viviendas beneficiadas: 3312

Población beneficiada: 16000

Área de la microcuenca m²: 1082

Uso del suelo: Ganadero y Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 44

Procesos erosivos: Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

Debido al variado mosaico que presentan los usos del suelo la calidad y cantidad del agua se ven influenciadas directamente así: durante las épocas de invierno se presentan derrumbes que aumentan la cantidad de sedimentos en el agua dificultando su tratamiento. Durante el verano se disminuye el caudal; y en época de cosecha el agua es difícil de tratar por su alto contenido de mieles.

3.1.21. VICTORIA

- Altitud: 750 m
- Población: 12121 Hab.
- Extensión: 1500 Km²
- Temperatura Promedio: 26°C
- Fundación: 1879
- Erigido Municipio: 1887
- Distancia a Manizales: 169 Km.

3.1.21.1 Actividad Económica

Su principal actividad económica es la ganadería, a tal punto que es el primer municipio ganadero del Departamento. También se cultivan el café, el cacao, el caucho, el aguacate, el nogal, el plátano, el maracuyá y la yuca. Por otro lado existe una importante explotación de mármol en la cuenca del río Doña Juana.

3.1.21.2 Características de la Microcuenca

3.1.21.2.1. Doña Juana

Caudal aproximado en L/s captados: 30

Número de viviendas beneficiadas: 1137

Población beneficiada: 5000

Área de la microcuenca m²: 224

Uso del suelo: Ganadero y Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 45.6

Procesos erosivos: Esguerrimiento concentrado y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

La ausencia de una buena cobertura vegetal natural, en los periodos secos se nota una disminución considerable del caudal, llegando a disminuir hasta en un 80 % ocasionando razonamiento en área urbana.

3.1.22. VITERBO

- Altitud: 998 m
- Población: 18866 Habitantes
- Extensión: 11095 Has
- Temperatura Promedio: 24°C
- Fundación: 1911
- Erigido Municipio: 1952
- Distancia a Manizales: 9 Km

3.1.22.1. Actividad Económica

Es un municipio que combina varios sectores económicos; sus productos principales son el café, la caña de azúcar, los cítricos, la piscicultura y la ganadería extensiva. Adicionalmente, tiene pequeñas industrias que producen almidón y tuestan café y, más recientemente, el turismo alcanza algunos desarrollos, con los condominios recreativos.

3.1.22.2. Características de las Microcuencas

3.1.22.2.1. La Maquina

Caudal aproximado en L/s captados: 15

Número de viviendas beneficiadas: 2856

Población beneficiada: 15000

Área de la microcuenca m²: 461

Uso del suelo: Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 35

Procesos erosivos: Esguerrimiento difuso y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

3.1.22.2.2. La Julia

Caudal aproximado en L/s captados: 45

Número de viviendas beneficiadas: 2856

Población beneficiada: 15000

Área de la microcuenca m²: 696

Uso del suelo: Agrícola

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 25

Procesos erosivos: Esguerrimiento difuso

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

INTER-AULAS-ACADEMIAE-QUAERE-VERUM

3.1.22.2.3. *Canaan*

Caudal aproximado en L/s captados: 15

Número de viviendas beneficiadas: 2856

Población beneficiada: 15000

Área de la microcuenca m²: 667

Uso del suelo: Agrícola y Ganadero

Porcentaje de área en bosque que protege la microcuenca: 5

Procesos erosivos: Esguerrimiento difuso y Sobrepastoreo

Posibles amenazas: Movimientos de masa.

La mayor parte del área de la microcuenca pertenece al municipio de Apia en del Departamento de Risaralda, lo que dificulta los esfuerzos por realizar planes de manejo que favorezcan al municipio de Viterbo.

El alto número de predios ubicados sobre el nivel de la bocatoma causan una gran contaminación por desechos orgánicos, presentados básicamente en aguas mieles del café y aguas servidas.

Otro efecto negativo proviene de la agricultura es el aumento del cultivo del tomate de mesa, que requiere grandes volúmenes de agroquímicos que finalmente van a llegar a los cauces por escorrentía, contaminándolos.



3.2. Descripción General de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable

Tabla 1. Microcuencas que surten cabeceras de acueductos municipales en el Departamento de Caldas

| Municipio | Microcuencas | Longitud Drenaje Principal (m) | Área Microcuenca (Has) |
|------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------|
| Aguadas | 1. Cañada Hoyos | 2.562 | 225 |
| | 2. San José | 3.325 | 367 |
| | 3. La Chuchera | 1.517 | 84 |
| | 4. Barro Blanco | 1.257 | 67 |
| | 5. La Castrillona | 3.221 | 121 |
| Anserma | 1. Tamarvia | 2.814 | 219 |
| | 2. Cauya | 2.259 | 240 |
| Aranzazu | 1. Chambery | 11.380 | 2889 |
| | 2. Brillante | 3.441 | 358 |
| Belalcázar | 1. Sanjon Hondo | 1.610 | 140 |
| | 2. La Laguna | 992 | 67 |
| Filadelfia | 1. Chambery | 11.380 | 2889 |
| | 2. La Cristalina | 2.432 | 166 |
| | 3. La Busaca | 1.606 | 137 |
| La Merced | 1. El Rosario | 1.641 | 93 |
| | 2. La Isabela | 2.598 | 293 |
| | 3. Santa Ana | 1.442 | 79 |
| Manzanares | 1. El Rosario | 1.940 | 114 |
| | 2. El Palo | 1.346 | 68 |
| Marmato | 1. Río Arquía | 3.574 | 305 |
| Marquetalia | 1. Penagos | 1.322 | 44 |
| | 2. San Juan | 1.860 | 135 |
| Marulanda Neira | 1. Los Yuyos | 2.290 | 112 |
| | 1. Berlín | 684 | 29 |
| | 2. La Floresta | 2.420 | 120 |
| | 3. San Juan | 3.218 | 337 |
| Pacora | 4. Lusitania | 1.735 | 91 |
| | 1. El Calvario | 3.456 | 571 |
| | 2. Alsacia | 816 | 159 |
| Pensilvania | 1. El Popal | 2.808 | 183 |
| | 2. El Dorado | 2.632 | 248 |
| Riosucio | 1. La Robada | 2.804 | 232 |
| | 2. La Playa | 3.962 | 527 |
| Risaralda | 1. Chavarquia | 839 | 96 |
| Salamina | 1. El Uvito | 4.932 | 603 |
| | 2. Chagualito | 3.562 | 479 |
| Samaná | 1. El Dorado | 1.509 | 93 |
| | 2. Santa Inés | 1.450 | 139 |
| San José | 1. Buenavista | 2.921 | 392 |
| Supía | 1. Quebrada Grande | 5.962 | 1082 |
| Victoria Viterbo | 1. Doña Juana | 4.027 | 224 |
| | 1. Canaan | 4.796 | 667 |
| | 2. La Maquina | 5.497 | 461 |
| | 3. La Julia | 5.064 | 696 |

Las plantas existentes en los diferentes municipios del Departamento de Caldas son convencionales a excepción de las plantas de los municipios de La Dorada y Chinchiná que son compactas.

Tabla 2. Capacidad de la Planta

| Municipio | Nombre de la Planta de Tratamiento | Capacidad de la Planta L/s |
|-------------|------------------------------------|----------------------------|
| Aguadas | La Granja | 45 |
| Anserma | El Pensil | 100 |
| Arauca | Las Colinas | 20 |
| Belalcázar | La Pista | 20 |
| Chinchiná | Los Cuervos | 65 |
| Chinchiná | Campoalegre | 234 |
| Dorada | La Dorada | 260 |
| Dorada | El Llano | 370 |
| Filadelfia | Filadelfia | 20 |
| Manzanares | Acuaverde | 60 |
| Marquetalia | La Florida | 20 |
| Marulanda | Los Yuyos | 10 |
| Neira | Neira | 45 |
| Riosucio | Riosucio | 116 |
| Risaralda | Chavarquia | 20 |
| Salamina | Puerto Arturo | 45 |
| Samaná | Samaná | 20 |
| San José | San José | 10 |
| Supía | Moravia | 60 |
| Victoria | Victoria | 20 |
| Viterbo | Viterbo | 45 |

Tabla 3. Operación promedio de la planta

| Municipio | Nombre de la planta de potabilización | Operación Promedio Anual de la Planta (Horas/día) | Caudal Promedio Anual de Entrada (L/s) |
|-------------|---------------------------------------|---|--|
| Aguadas | La Granja | 24 | 46,52 |
| Anserma | El Pensil | 23,7 | 47,58 |
| Belalcázar | La Pista | 17,6 | 12,41 |
| Chinchiná | Los Cuervos | 23,4 | 60 |
| Chinchiná | Campoalegre | 23,8 | 138,57 |
| Filadelfia | Planta Filadelfia | 21,5 | 9,92 |
| Dorada | Planta Dorada | 1,97 | 26,56 |
| Dorada | Planta El Llano | 22,8 | 292,2 |
| Manzanares | Acuaverde | 24 | 21,09 |
| Marquetalia | La Florida | 22,9 | 10,84 |
| Marulanda | Los Yuyos | 11,4 | 1,9 |
| Neira | Planta Neira | 24 | 23,25 |

Continuación

| Municipio | Nombre de la planta de potabilización | Operación Promedio Anual de la Planta (Horas/día) | Caudal Promedio Anual de Entrada (L/s) |
|-----------|---------------------------------------|---|--|
| Arauca | Arauca Las Colinas | 18,6 | 15,99 |
| Riosucio | Planta Riosucio | 23,9 | 42,77 |
| Risaralda | Chavarquia | 12,3 | 9,28 |
| Salamina | Puerto Arturo | 23,4 | 35,05 |
| Samaná | Planta Samaná | 24 | 18,78 |
| San José | San José | 9,9 | 3,5 |
| Supía | Moravia | 23,7 | 63,27 |
| Victoria | Planta Victoria | 23,5 | 14,31 |
| Viterbo | Planta Viterbo | 23,9 | 49,89 |

Tabla 4. Almacenamiento de Agua Potable

| Municipio | No de Tanques de Almacenamiento de Agua Potable | No de Tanques en Operación | No de Tanques en la Planta de Potabilización | No de Tanques en la Red de Distribución | Capacidad de los Tanques de Almacenamiento (m ³) |
|--|---|----------------------------|--|---|--|
| Aguadas | 1 | 1 | 1 | 0 | 1368 |
| Anserma | 3 | 3 | 3 | 0 | 1000 |
| Arauca | 2 | 2 | 1 | 1 | 430 |
| Arma | 1 | 1 | 0 | 1 | 140 |
| Belalcázar | 3 | 3 | 3 | 0 | 300 |
| Chinchiná | 2 | 2 | 2 | 0 | 4400 |
| Guarinocito | 1 | 1 | 0 | 1 | 75 |
| K41 | 1 | 1 | 0 | 1 | 60 |
| Dorada | 6 | 6 | 0 | 6 | 3800 |
| Filadelfia | 1 | 1 | 0 | 1 | 300 |
| Manzanares | 1 | 1 | 1 | 0 | 500 |
| Marquetalia | 2 | 2 | 1 | 1 | 520 |
| Marulanda | 1 | 1 | 1 | 0 | 300 |
| Neira | 3 | 3 | 2 | 1 | 600 |
| Palestina | 4 | 4 | 0 | 4 | 925 |
| Riosucio | 1 | 1 | 1 | 0 | 700 |
| Risaralda | 2 | 2 | 1 | 1 | 550 |
| Salamina | 3 | 3 | 1 | 2 | 1660 |
| Samaná | 3 | 3 | 3 | 0 | 450 |
| San José | 2 | 2 | 2 | 0 | 250 |
| Supía | 1 | 1 | 1 | 0 | 450 |
| Victoria | 1 | 1 | 1 | 0 | 170 |
| Viterbo | 2 | 2 | 1 | 1 | 900 |
| Total almacenamiento EMPOCALDAS S.A. E.S.P. (m³) | | | | | 19848 |

3.3. Descripción de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable Convencionales del Departamento de Caldas

Las plantas convencionales constan de una bocatoma de fondo; con excepción de las de Anserma y Dorada que poseen bocatomas laterales, seguidos de una red de aducción que conduce el agua a los tanques desarenadores los cuales son simples y de flujo horizontal fabricados en placas de asbesto-cemento, por lo general se trabaja con dos unidades desarenadoras en paralelo, las tuberías utilizadas son de 8, 10, 12, 14 y 26 pulgadas dependiendo de las condiciones del terreno cada una con sus respectivas válvulas de purga y ventosas.

Casi todos los sistemas de aducción del agua funcionan por efecto de la gravedad, pero algunos funcionan por medio de bombeo como la planta Campoalegre de Chinchiná para abastecer al municipio de Palestina, dos estaciones de bombeo que suministran agua cruda a la planta de Risaralda, una estación de bombeo en la planta de San José y dos estaciones más que suministran agua cruda a Belalcázar.

Después de los desarenadores el agua es conducida a cámaras de aquietamiento o cámaras disipadoras de energía las cuales constan de un macromedidor o un canal de aforo tipo canaleta parshall de 3, 6, 12 y 24 pulgadas de diámetro por lo general algunos están fabricados en concreto o en fibra de vidrio con su respectivo pozo de medición. Posteriormente el agua va al canal de mezcla rápida en donde se adiciona el coagulante (sulfato de aluminio granulado o líquido) aprovechando el resalto hidráulico de la canaleta.

Luego el agua es llevada a las cámaras de floculación, por lo general son dos unidades. En Chinchiná, Anserma y Riosucio se utilizan floculadores horizontales de tipo Alabama de flujo ascendente y descendente. En Arauca, Risaralda, Belalcázar, Filadelfia, Marquetalia, Victoria y Samaná se utilizan floculadores Alabama tipo cox de flujo vertical. En Viterbo, Supía, Aguadas, Salamina y Neira se utilizan tres unidades de floculadores hidráulicos. Todos los floculadores son fabricados en ferro concreto y funcionan en paralelo.

Después el agua es transportada a las unidades de sedimentación. En Viterbo, Supía, Neira, Salamina y Aguadas se encuentran dos sedimentadores convencionales de tipo horizontal, mientras que en Chinchiná se encuentran cuatro de estas unidades. En Risaralda, Belalcázar, Riosucio, Filadelfia, Manzanares, Marquetalia, Victoria y Samaná tienen sedimentadores de alta taza con placas inclinadas de asbesto-cemento; en Manzanares casi toda la estructura de la planta es en láminas de acero ya que la zona no permite construcciones en concreto.

Luego el agua pasa por un vertedero de tipo diente caimán para conducirla a los canales distribuidores de aguas filtradas y filtros rápidos que tienen una capacidad entre 150 y 360 m³. Los filtros están compuestos de un falso fondo de viguetas perforadas y

constan además de un lecho de grava, arena y antracita; por lo general son de autolavado a excepción de Riosucio donde el lavado se hace a través de un tanque elevado. En Viterbo antes de la entrada a la unidad de filtración se tiene una torre de aireación debido a la presencia de aguas mieles sobre todo en época de cosecha.

La aducción de agua sigue hasta los tanques de agua clarificada donde es incorporado el cloro como una solución líquida clorada y finalmente se procede a la distribución del agua.

En cada una de estas plantas se realizan regularmente análisis de tipo bacteriológicos y fisicoquímicos con el fin de garantizar el buen funcionamiento, la empresa responsable es EMPOCALDAS S.A. E.SP.



4. DIAGNOSTICO DE CALIDAD ACTUAL DE LAS FUENTES RECEPTORAS DE AGUAS RESIDUALES

Los ríos, quebradas y microcuencas que aquí se analizan no son necesariamente los mismos que sirven de fuente de abastecimiento a la PTAP, descritos anteriormente.

En los 22 municipios se hizo una visita de inspección con el fin de evaluar los puntos de muestreo (ver Anexo W). Estos puntos de muestreo se ubicaron sobre la principal fuente de agua de cada municipio antes de que reciba el primer vertimiento de las aguas residuales generadas en los municipios y otro ubicado después del último descole de alcantarillado. La selección de los puntos se hizo teniendo en cuenta la conductividad observando si había un cambio significativo en su valor (antes y después del vertimiento que hace el municipio), aunque en algunos casos solo se tuvo en cuenta la accesibilidad a la cuenca sin tener en cuenta que haya un cambio significativo en la conductividad. La ayuda de los fontaneros fue de mucha importancia en la identificación de los puntos críticos más relevantes. En la siguiente tabla se detallan los ríos y las quebradas que reciben los diferentes vertimientos de aguas residuales en el Departamento.

Tabla 5. Fuentes Receptoras de Aguas Residuales en el Departamento de Caldas

| Municipio | Fuente Receptora | Conductividad (µS/cm) | Descripción |
|-------------------|------------------------|-----------------------|--|
| Aguadas | Quebrada Poré | 68 | Antes Del Relleno Sanitario |
| | Quebrada Poré | 100 | Después Del Último Descole |
| Anserma | Quebrada Cauya | 96 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Quebrada Cauya | 248 | Después De Pasar Por El Municipio |
| | Quebrada San Pedro | 18 | Antes De Recibir El Primer Descole |
| | Quebrada San Pedro | 68 | Antes De Desembocar Al Río Risaralda |
| Aranzazu | Río Risaralda | | Antes De La Quebrada San Pedro |
| | Río Risaralda | 79 | Después De Desembocar La Quebrada Cauya |
| | Quebrada Sargento | 59 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Quebrada Sargento | 107 | Antes De Desembocar A La Quebrada Honda |
| | Quebrada Honda | 69 | Antes De Desembocar A La Quebrada Sargento |
| Belalcázar | Quebrada Honda | 81 | Después De Desembocar A La Quebrada Sargento |
| | Quebrada | | |
| | Q. 2614-001-022-004 | 296 | Antes De Que Se Unan Los Descoles |
| | Quebrada Betulia | 390 | Después De La Unión De Los Descoles |
| | Quebrada Montevideo | | Finca El Placer-Tanque |
| Filadelfia | Quebrada Monte Redondo | 367 | Después Del Último Descole Del Municipio |
| | Río Mayba | 444 | Antes De Unirse Con La Quebrada Sin Nombre |
| | Río Mayba | 444 | Antes De Unirse Con La Quebrada El Palo |
| La Merced | Quebrada Malvinas | 378 | Al Lado De La Finca Las Malvinas |
| | Quebrada Amazonas | 374 | Después De Desembocar La Quebrada Amazonas |
| | Quebrada Tambor | | Antes Del Descole De Corinto |
| Manzanares | Quebrada Tambor | | Después Del Descole De Corinto |
| | Río Santo Domingo | 44 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Río Santo Domingo | 54 | Después Del Último Descole |

| Continuación | | | |
|---------------------|--|------------------------------|--|
| Municipio | Fuente Receptora | Conductividad (µS/cm) | Descripción |
| Marmato | Quebrada Zaparrilla | 244 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Quebrada Aguas Claras | | Antes De Desembocar Al Río Cauca |
| Marquetalia | Quebrada 2302-001-063 | 40 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Quebrada 2302-001-063 | 68 | Después Del Último Descole |
| | Quebrada Los Sainos Quebrada Los Sainos | 138 | Antes De Entrar Al Municipio Después Del Último Descole |
| Marulanda | Río Hondo | 38 | Antes De La Quebrada El Tapir |
| | Río Hondo | | Después De La Quebrada Los Yuyos |
| Neira | Río Tapia | | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Río Tapia | | Después De Pasar Por El Municipio |
| Norcasia | Quebrada Norcasia | 32 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Quebrada Norcasia | 77 | Después De Descarga De La PTAR |
| | Quebrada Bejuca | 30 | Antes De La Descarga De La Quebrada Norcasia |
| | Quebrada Bejuca | 35 | Después De La Desembocadura De La Quebrada Norcasia |
| Pacora | Río Pacorá | 70 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Río Pacorá | 120 | Después Del Último Descole |
| Pensilvania | Río Pensilvania | 26 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Río Pensilvania | 49 | Después Del Último Descole |
| Riosucio | Río Sucio | 158 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Río Sucio | 200 | Después Del Último Descole Del Municipio |
| Risaralda | Quebrada Sin Nombre 1 | | Debajo Del Puente De Entrada Al Municipio |
| | Quebrada Lázaro | 210 | Después De La Última Unión Con La Quebrada Lázaro |
| | Quebrada Lázaro | | |
| Salamina | Río Chambery | 170 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Río Chambery | 264 | Después De La Quebrada Frisolera |
| Samaná | Quebrada San Agustín | 16 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Quebrada San Agustín | 126 | Después Del Último Descole |
| | Quebrada Tasajos | 17 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Quebrada Tasajos | 24 | Después Del Último Descole |
| San José | Quebrada Tasajos | 52 | Desembocadura Al Río La Miel |
| | Q. 2614-001-046-009 | | |
| | Quebrada Changuí | | |
| | Quebrada de la Habana Quebrada de la Habana | | |
| Supía | Río Supía | 166 | Antes De Entrar Al Municipio |
| | Río Supía | 211 | Después De Pasar Por El Municipio |
| Victoria | Quebrada El Jardín | 85 | Antes De La Quebrada El Jardín |
| | Quebrada El Jardín | 96 | Después De La Desembocadura De La Quebrada El Jardín |
| | Quebrada El Jardín | 76 | Desembocadura Del Río Guarín |
| Viterbo | Río Risaralda | 120 | Antes De Belén De Hungría |
| | Río Risaralda | 156 | Después De Pasar Por El Municipio |

Tabla 6. Coordenadas de los puntos de muestreo

| Municipio | Estación | Fuente Receptora | Punto de Muestreo | Conductividad (µS/cm) | Coordenadas | | |
|-------------|----------|--|---|-----------------------|-------------|----------|------|
| | | | | | Latitud | Longitud | Cota |
| Norcasia | E1 | Q. Norcasia (No aparece en plano red hídrica) | Antes del primer descole | 32 | 909893 | 1108185 | 743 |
| | E2 | Q. Norcasia (No aparece en plano red hídrica) | Después de la PTAR | 140 | 909982 | 1108713 | 700 |
| | E3 | Quebrada Bejuca | Antes de desembocar la Q. 2305-001-012-023-02 | 30 | 910079 | 1109921 | 678 |
| | E4 | Quebrada Bejuca | Después de desembocar la Q. 2305-001-012-023-02 | 35 | 910105 | 1110076 | 676 |
| Victoria | E1 | Quebrada El Jardín | Antes de la descarga de la PTAR | 85 | 909056 | 1079635 | 592 |
| | E2 | Quebrada El Jardín | Después de la descarga de la PTAR | 96 | 909262 | 1079301 | 539 |
| | E3 | Quebrada El Jardín | Desembocadura al río Guarinó | 76 | 911290 | 1077635 | 335 |
| Samaná | E1 | Q. 2305-001-071-021-16 (Q. San Agustín) | Antes de entrar al Municipio | 16 | 898705 | 1090638 | 1466 |
| | E2 | Q. 2305-001-071-021-16 (Q. San Agustín) | Después del último descole | 126 | 899023 | 1090301 | 1432 |
| | E3 | Quebrada Tasajos | Antes de entrar al Municipio | 17 | 897915 | 1090832 | 1491 |
| | E4 | Quebrada Tasajos | Después del último descole | 24 | 898358 | 1090121 | 1420 |
| | E5 | Quebrada Tasajos | Desembocadura al río La Miel | 52 | 905633 | 1087801 | 450 |
| Marquetalia | E1 | Quebrada 2302-001-063-001 | Antes de entrar al Municipio | 40 | 891344 | 1077251 | 1558 |
| | E2 | Quebrada 2302-001-063-001 | Después del último descole | 68 | 892948 | 1077101 | 1319 |
| | E3 | Quebrada 2305-001-170-004-03 (Quebrada La Playa) | Antes de entrar al Municipio | 138 | 893496 | 1078115 | 1437 |
| | E4 | Quebrada Los Sainos | Después del último descole | 40 | 892318 | 1080682 | 1067 |
| Manzanares | E1 | Río Santo Domingo | Antes de entrar al Municipio | 44 | 881579 | 1074310 | 1969 |
| | E2 | Río Santo Domingo | Después del último descole | 54 | 880416 | 1071969 | 1797 |
| Pensilvania | E1 | Río Pensilvania | Antes de entrar al Municipio | 26 | 878939 | 1086583 | 2100 |
| | E2 | Río Pensilvania | Después del último descole | 49 | 881116 | 1087400 | 1890 |

| Continuación | | | | | | | |
|--------------|----------|--|--|-----------------------|-------------|----------|------|
| Municipio | Estación | Fuente Receptora | Punto de Muestreo | Conductividad (µS/cm) | Coordenadas | | |
| | | | | | Latitud | Longitud | Cota |
| Marulanda | E1 | Río Hondo | Antes de la Q. El Tapir | 38 | 870698 | 1076563 | 2493 |
| | E2 | Río Hondo | Después de la Q. Los Yuyos | 30 | 869095 | 1074620 | 2386 |
| Salamina | E1 | Río Chambery | Antes de entrar al Municipio | 170 | 843216 | 1083911 | 1439 |
| | E2 | Río Chambery | Después de la Q. Frisolera | 264 | 843409 | 1093022 | 1077 |
| Pácora | E1 | Río Pácora | Antes de entrar al Municipio | 70 | 846968 | 1101873 | 1827 |
| | E2 | Río Pácora | Después del último descole | 120 | 847046 | 1104159 | 1694 |
| Aguadas | E1 | Quebrada Poré | Antes del Relleno Sanitario | 68 | 850155 | 1111300 | 2150 |
| | E2 | Quebrada Poré | Después del último descole | 100 | 848478 | 1115144 | 1965 |
| Marmato | E1 | Quebrada Aguas Claras | Antes de desembocar a la Q. Aguas Claras | 244 | 830902 | 1096494 | 1176 |
| | E2 | Quebrada Marmato | Antes de desembocar al río Cauca | 1884 | 833425 | 1095922 | 675 |
| Supía | E1 | Río Supía | Antes de entrar al Municipio | 166 | 825191 | 1095604 | 1198 |
| | E2 | Río Supía | Después de pasar por el Municipio | 211 | 825772 | 1092034 | 1120 |
| La Merced | E1 | Q. 2616-084-014-023-09 (Q. Malvinas) | Al lado de la Finca Las Malvinas | 378 | 835944 | 1089085 | 1519 |
| | E2 | Q. Amazonas | Después de desembocar el último descole | 374 | 835797 | 1088229 | 1340 |
| | E3 | Quebrada Tambor | Antes del descole de Corinto | 270 | 836559 | 1090782 | 1285 |
| | E4 | Quebrada Tambor | Después del descole de Corinto | 300 | 836569 | 1090921 | 1263 |
| Riosucio | E1 | Río Sucio | Antes de entrar al Municipio | 158 | 819874 | 1090011 | 1625 |
| | E2 | Río Sucio | Después del último descole del municipio | 200 | 821638 | 1090089 | 1472 |
| Risaralda | E1 | Quebrada Lázaro (No Aparece en Plano de Red Hídrica) | Debajo del puente de entrada al Mpio (seca) | - | 812610 | 1064107 | 1680 |
| | E2 | Quebrada Lázaro | Pasa por el camino hacia la Q. Lázaro Después de la unión con la Q. Lázaro | 171 | 811753 | 1063521 | 1465 |
| Viterbo | E1 | Río Risaralda | Antes de Belén de Hungría | 120 | 804552 | 1057334 | 995 |
| | E2 | Río Risaralda | Después de pasar por el Municipio | 156 | 801353 | 1049711 | 963 |

Continuación

| Municipio | Estación | Fuente Receptora | Punto de Muestreo | Conductividad (μS/cm) | Coordenadas | | |
|------------|----------|-----------------------|--|-----------------------|-------------|----------|------|
| | | | | | Latitud | Longitud | Cota |
| Anserma | E1 | Quebrada Cauya | Antes de entrar al Municipio | 96 | 811752 | 1071177 | 1606 |
| | E2 | Quebrada Cauya | Después de pasar por el Municipio | 248 | 810251 | 1068735 | 1457 |
| | E3 | Quebrada San Pedro | Antes de recibir el 1er descole | 18 | 809035 | 1071308 | 1367 |
| | E4 | Quebrada San Pedro | Antes de desembocar al río Risaralda | 68 | 808672 | 1070802 | 1255 |
| | E5 | Río Risaralda | Antes de la Quebrada San Pedro | 105 | 807965 | 1071097 | 1245 |
| | E6 | Río Risaralda | Después de desembocar la Q. Cauya | 79 | 807136 | 1064727 | 1140 |
| Belalcázar | E1 | Q. 2614-001-022-004 | Antes de que se unan los descoles | 296 | 805308 | 1043628 | 1087 |
| | E2 | Quebrada Betulia | Después de la unión de los descoles | 390 | 804179 | 1044010 | 994 |
| | E3 | Q. 2617-124-011 | Finca El Placer - Tanque | 200 | 807952 | 1044540 | 1600 |
| | E4 | Quebrada Montevideo | Después del último descole del municipio | 367 | 808709 | 1043901 | 1233 |
| San José | E1 | Q. 2614-001-046-009 | Antes de desembocar a la Q. Changui | 200 | 805848 | 1054707 | 1050 |
| | E2 | Quebrada Changui | Después de recoger las AR del Municipio | 230 | 804168 | 1054719 | 1000 |
| | E3 | Quebrada de La Habana | Antes de la Q. 2617-104-021 | 205 | 810507 | 1051640 | 1122 |
| | E4 | Quebrada de La Habana | Después de la Q. 2617-104-021 | 220 | 810564 | 1051661 | 1126 |
| Aranzazu | E1 | Quebrada Sargento | Antes de entrar al Municipio | 59 | 843792 | 1074615 | 1815 |
| | E2 | Quebrada Sargento | Antes de desembocar a la Q. Honda | 107 | 842484 | 1073133 | 1624 |
| | E3 | Quebrada Honda | Antes de desembocar la Q. Sargento | 69 | 842503 | 1073095 | 1625 |
| | E4 | Quebrada Honda | Después de desembocar la Q. Sargento | 81 | 842451 | 1073117 | 1621 |
| Filadelfia | E1 | Río Mayba | Antes de entrar al Municipio | 407 | 837209 | 1077385 | 1243 |
| | E2 | Río Mayba | Antes de unirse con la Q. Palo | 582 | 836983 | 1080046 | 1140 |
| Neira | E1 | Río Tapía | Antes de entrar al Municipio | 80 | 846132 | 1065487 | 1872 |
| | E2 | Río Tapía | Después de desembocar el último descole | 170 | 838808 | 1065793 | 1512 |

La metodología para la realización del muestreo y los análisis de laboratorio fue la establecida en las técnicas descritas en los Métodos Estándar para el Análisis de Agua y Aguas Residuales de la AWWA - APHA edición 19, en las cuales se presenta la forma de toma, preservación y transporte de muestras al laboratorio y las técnicas de análisis de estas. En el siguiente cuadro se presenta el listado de los análisis fisicoquímicos realizados en las estaciones de monitoreo durante la campaña de muestreo. Debido a que no fue posible realizar la medición de todos los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de CORPOCALDAS, hubo la necesidad de realizar los análisis pendientes en el laboratorio de la Universidad Nacional de Manizales y el laboratorio de la CVC en Cali.

Tabla 7. Análisis Fisicoquímicos

| Parámetro | Fundación PROAGUA | Laboratorio CORPOCALDAS | Laboratorio UNAL | Laboratorio C.V.C |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| Caudal | X | | | |
| Temperatura | X | | | |
| pH | X | | | |
| Conductividad | X | | | |
| Oxígeno Disuelto (OD) | X | | | |
| DBO ₅ Total | | X | | |
| DQO Total | | | | X |
| Sólidos suspendidos totales (SST) | | X | | |
| Nitrógeno total Kjeldahl NTK | | X | | |
| Fósforo total | | | X | |
| Coliformes Totales | | X | | |
| Coliformes Fecales | | X | | |
| Turbiedad | | X | | |
| Sólidos Totales | | X | | |

El impacto que generan estos vertimientos varía a lo largo del Departamento, dependiendo del volumen de los vertimientos puntuales frente a la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua donde se vierten, y en la actualidad no existe un diagnóstico confiable sobre contaminación doméstica, ni información suficiente sobre el estado del recurso hídrico que considere elementos como la capacidad de asimilación del cuerpo receptor y el efecto nocivo real de los vertimientos.

Este proyecto permitirá establecer una línea base para determinar el estado actual de la calidad del agua en las principales fuentes de agua, afectadas por el vertimiento de las aguas residuales generadas en 22 de los municipios del Departamento de Caldas, que sirva como insumo para que las empresas prestadoras del servicio de alcantarillado, cuenten con información disponible sobre la corriente.

Con este fin se establecerá una estación de monitoreo sobre la principal fuente de agua antes de que reciba el primer vertimiento de las aguas residuales generadas en los municipios y otra ubicada después del último descole de alcantarillado. Para llevar a cabo la caracterización y evaluación de la calidad del agua se tendrán en cuenta los parámetros que se contemplan en la resolución 1433 del 2004 que son: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Coliformes Fecales, Oxígeno Disuelto (OD) y pH.

Los resultados completos de los análisis de laboratorio y de los parámetros en campo registrados durante la campaña de monitoreo realizada, se presentan en la siguiente tabla.

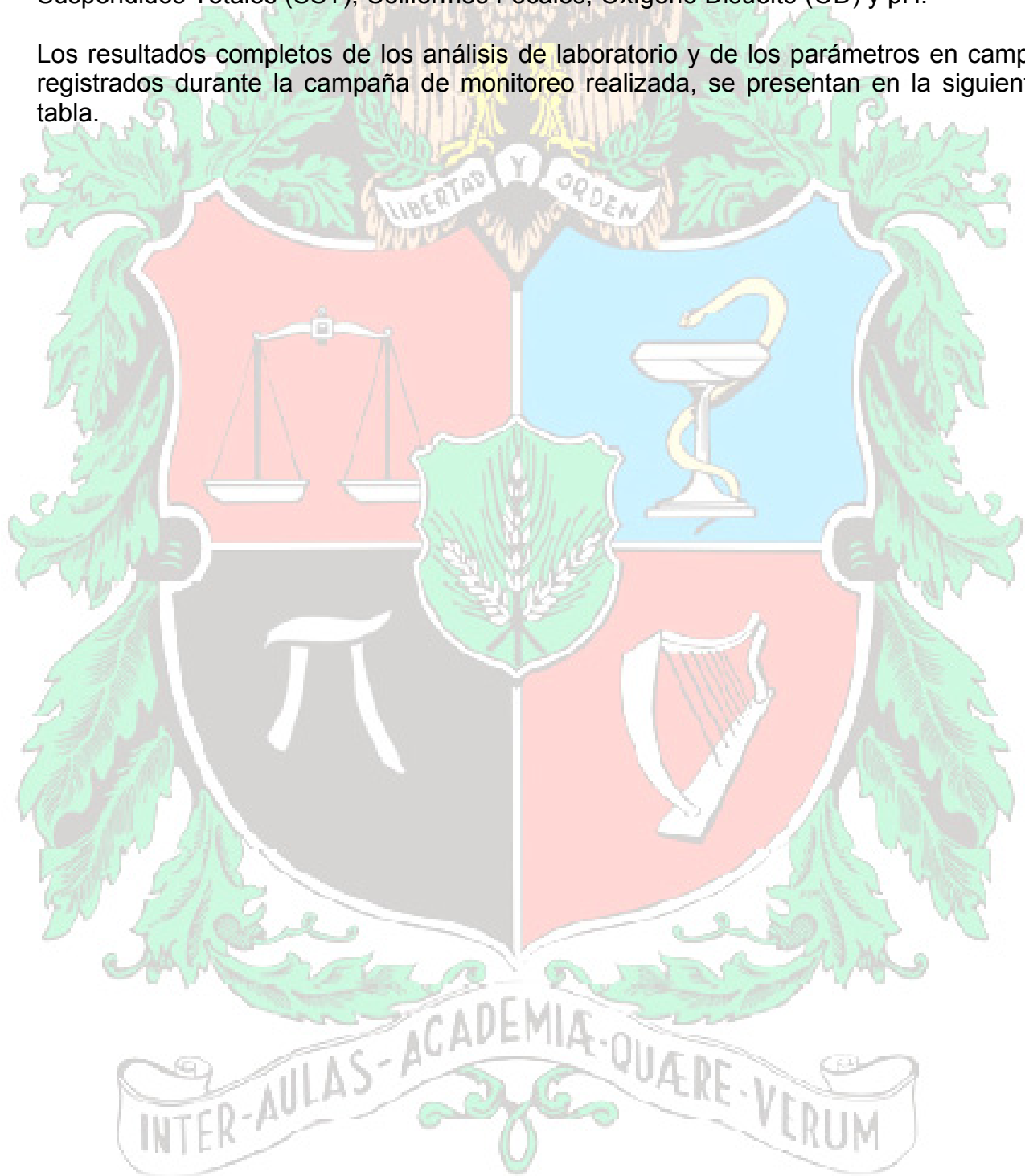


Tabla 8. Datos de laboratorio

| Municipio | Estación | Fuente Receptora | Reconocimiento | Parámetros Campo Campaña Monitoreo | | | | | | | | | Datos de Laboratorio | | | | | |
|-----------|----------|---|----------------|------------------------------------|---------------|------------------|---------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|---|--------------------------|-----|--------|-----------------|--------------------|--------------------|
| | | | | Conductividad (µS/cm) | Caudal (m³/s) | Temperatura (°C) | pH (Unidades) | OD (mg/l) | Conductividad (µS/cm) | DQO (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | Fósforo Total (mg P-PO ₄ /l) | Nitrógeno Total (mg N/l) | SST | ST | Turbiedad (UNT) | Coliformes Fecales | Coliformes totales |
| | | | | | | | | | | | | | | | (mg/l) | | (UFC/100ml) | |
| Norcasia | E-1 | Q. Norcasia | 32 | 0,013 | 24,4 | 6,44 | 6,35 | 21 | 7,84 | 3 | <0,01 | ND | <13 | <13 | 8 | 7,30E+02 | 7,90E+02 | |
| | E-2 | Q. Norcasia | 77 | 0,052 | 24,5 | 6,68 | 2,55 | 140 | 50,96 | 21 | 0,12 | 5,6 | 122 | 62 | 30 | 5,00E+03 | 3,50E+04 | |
| | E-3 | Quebrada Bejuca | 30 | 0,888 | 23 | 7,1 | 7,4 | 24 | 4,14 | <2 | <0,01 | 1,1 | 43 | 216 | 5 | 7,90E+02 | 9,50E+02 | |
| | E-4 | Quebrada Bejuca | 35 | 0,964 | 24 | 6,92 | 6,2 | 29 | 5,43 | <2 | 0,014 | ND | 195 | 379 | 7 | 1,00E+04 | 5,70E+04 | |
| Victoria | E-1 | Quebrada El Jardín | 85 | 0,009 | 23,1 | 7,32 | 7,2 | 122 | 11,76 | 2 | 0,22 | ND | <13 | <13 | 4 | 3,30E+03 | 1,11E+04 | |
| | E-2 | Quebrada El Jardín | 96 | 0,021 | 24,1 | 7,2 | 6,2 | 188 | 11,93 | 3 | 0,08 | 0,6 | 104 | 67 | 5 | 1,74E+05 | 2,37E+05 | |
| | E-3 | Quebrada El Jardín | 76 | 0,042 | 24,1 | 7,6 | 6,5 | 141 | 11,34 | <2 | 0,06 | ND | <13 | <13 | 4 | 5,50E+03 | 9,80E+03 | |
| Samaná | E-1 | Q. 2305-001-071-021-16 (Q. San Agustín) | 16 | 0,001 | 21,3 | 6,5 | 5,5 | 16 | 3,93 | <2 | <0,01 | ND | 83 | 74 | 3 | 3,20E+02 | 3,16E+03 | |
| | E-2 | Q. 2305-001-071-021-16 (Q. San Agustín) | 126 | 0,047 | 20,5 | 7,4 | 4,7 | 161 | 250,4 | 216 | 0,83 | 6,7 | <13 | <13 | 82 | 9,80E+05 | 1,84E+06 | |
| | E-3 | Quebrada Tasajos | 17 | 0,31 | 19,6 | 6,8 | 6,85 | 17 | 3,92 | <2 | <0,01 | ND | 142 | 92 | 3 | 3,30E+03 | 7,80E+03 | |
| | E-4 | Quebrada Tasajos | 24 | 0,629 | 20,7 | 7,2 | 6,9 | 24 | 6,77 | 2 | <0,01 | ND | <13 | <13 | 3 | 9,50E+04 | 1,74E+05 | |
| | E-5 | Quebrada Tasajos | 52 | 5,636 | 22,9 | 7,8 | 7,6 | 41 | 247,1 | <2 | <0,01 | ND | 155 | 122 | 4 | 4,70E+03 | 9,50E+03 | |

Continuación

| Municipio | Estación | Fuente Receptora | Reconocimiento | Parámetros Campo Campaña Monitoreo | | | | | | | Datos de Laboratorio | | | | | | | |
|-------------|----------|------------------------|----------------|------------------------------------|---------------|------------------|---------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|---|--------------------------|--------|----|-----------------|--------------------|--------------------|
| | | | | Conductividad (µS/cm) | Caudal (m³/s) | Temperatura (°C) | pH (Unidades) | OD (mg/l) | Conductividad (µS/cm) | DQO (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | Fósforo Total (mg P-PO ₄ /l) | Nitrógeno Total (mg N/l) | SST | ST | Turbiedad (UNT) | Coliformes Fecales | Coliformes totales |
| | | | | | | | | | | | | | | (mg/l) | | | (UFC/100ml) | |
| Manzanares | E-1 | Río Santo Domingo | 44 | 0,128 | 18 | 7,77 | 6,6 | 37 | 7,84 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 20 | 4 | 4,80E+04 | 9,80E+03 | |
| | E-2 | Río Santo Domingo | 54 | 1,133 | 18,6 | 7,24 | 6,65 | 47 | 15,64 | 7 | <0.01 | ND | 148 | 213 | 12 | 9,00E+03 | 5,60E+04 | |
| Marquetalia | E-1 | Q. 2302-001-063-001 | 40 | 0,026 | 22 | 6,25 | 7,1 | 39 | 5,92 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 79 | 2 | 5,00E+02 | 4,73E+04 | |
| | E-2 | Q. 2302-001-063-001 | 68 | 0,099 | 19 | 6,93 | 7,25 | 78 | 19,64 | 2 | <0.01 | ND | <13 | 30 | 5 | 1,58E+04 | 1,90E+04 | |
| | E-3 | Q. 2305-001-170-004-03 | 138 | 0,05 | 20,5 | 7,06 | 6,3 | 15 | 5,92 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 54 | 3 | 8,00E+02 | 5,50E+03 | |
| | E-4 | Quebrada Los Sainos | | 1,585 | 20,7 | 7,78 | 6,65 | 39 | 5,92 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 77 | 7 | 8,00E+02 | 3,16E+04 | |
| Pensilvania | E-1 | Río Pensilvania | 26 | 0,539 | 14,5 | 7,6 | 7,45 | 23 | 3,92 | 2 | 0,01 | ND | <13 | 59 | 3 | 6,00E+01 | 6,00E+02 | |
| | E-2 | Río Pensilvania | 49 | 1,107 | 18 | 7,7 | 7,05 | 43 | 11,72 | 4 | <0.01 | ND | <13 | 87 | 7 | 4,70E+04 | 1,42E+05 | |
| Marulanda | E-1 | Río Hondo | 38 | 1,197 | 12,7 | 7,66 | 6,95 | 27 | 4,14 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 85 | 4 | 7,00E+02 | 1,50E+03 | |
| | E-2 | Río Hondo | | 1,4 | 13,5 | 6,48 | 7 | 29 | 7,84 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 28 | 4 | 5,00E+02 | 3,00E+03 | |
| Salamina | E-1 | Río Chambery | 170 | 2,989 | 17,4 | 8,9 | 7,4 | 157 | 7,96 | <2 | <0.01 | 0,6 | 20 | 158 | 8 | 1,60E+03 | 5,10E+03 | |
| | E-2 | Río Chambery | 264 | 4,506 | 24,1 | 8,1 | 6,5 | 228 | 11,76 | <2 | <0.01 | 1,1 | 40 | 194 | 18 | 9,00E+02 | 4,40E+03 | |
| Pácora | E-1 | Río Pácora | 70 | 0,142 | 20 | 8,2 | 7,1 | 96 | 3,92 | 2 | <0.01 | 0,6 | 30 | 67 | 16 | 7,00E+02 | 1,60E+03 | |
| | E-2 | Río Pácora | 120 | 0,309 | 24 | 8,1 | 6,2 | 129 | 15,74 | 8 | 0,03 | 1,1 | 20 | 110 | 20 | 1,80E+04 | 3,00E+04 | |

Continuación

| Municipio | Estación | Fuente Receptora | Reconocimiento | Parámetros Campo Campaña Monitoreo | | | | | | | | Datos de Laboratorio | | | | | | |
|-----------|----------|--------------------------------------|----------------|------------------------------------|---------------|------------------|---------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|---|--------------------------|-------|--------|-----------------|--------------------|--------------------|
| | | | | Conductividad (µS/cm) | Caudal (m³/s) | Temperatura (°C) | pH (Unidades) | OD (mg/l) | Conductividad (µS/cm) | DQO (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | Fósforo Total (mg P-PO ₄ /l) | Nitrógeno Total (mg N/l) | SST | ST | Turbiedad (UNT) | Coliformes Fecales | Coliformes totales |
| | | | | | | | | | | | | | | | (mg/l) | | (UFC/100ml) | |
| Aguadas | E-1 | Quebrada Poré | 68 | 0,1 | 15,6 | 7,72 | 7,37 | 62 | 5,92 | <2 | <0,01 | ND | <13 | 60 | 10 | 6,00E+02 | 2,10E+03 | |
| | E-2 | Quebrada Poré | 100 | 0,659 | 15,4 | 7,78 | 6,38 | 73 | 9,84 | 2 | <0,01 | ND | <13 | 59 | 12 | 1,68E+04 | 1,89E+04 | |
| Marmato | E-1 | Quebrada Zaparrilla | 244 | 0,009 | 23,1 | 8,1 | 6,4 | 270 | 7,84 | <2 | <0,01 | 0,6 | <13 | 168 | 5 | 3,80E+03 | 1,14E+04 | |
| | E-2 | Quebrada Aguas Claras | | 0,131 | 29,9 | 6,83 | 0 | 1884 | 6140,2 | 25 | 0,14 | 11,2 | 6686 | 17279 | 5000 | 2,10E+03 | 7,40E+03 | |
| Supía | E-1 | Río Supía | 166 | 3,283 | 20,3 | 8,28 | 5,44 | 160 | 9,9 | <2 | 0,03 | ND | 140 | 256 | 67 | 3,20E+03 | 7,20E+03 | |
| | E-2 | Río Supía | 211 | 3,986 | 22,7 | 8,29 | 5,95 | 167 | 11,76 | <2 | <0,01 | ND | 150 | 268 | 65 | 7,90E+04 | 1,26E+05 | |
| La Merced | E-1 | Q. 2616-084-014-023-10 (Q. Malvinas) | 378 | 0,002 | 21 | 8,16 | 6,4 | 421 | 9,84 | <2 | <0,01 | ND | <13 | 240 | 6 | 6,50E+02 | 2,23E+03 | |
| | E-2 | Q. Amazonas | 374 | 0,043 | 20 | 8,46 | 7,4 | 382 | 9,84 | <2 | 0,02 | ND | <13 | 216 | 34 | 1,00E+02 | 9,60E+02 | |
| | E-3 | Quebrada Tambor | | 0,01 | 19,2 | 8,1 | 6,95 | 278 | 5,02 | <2 | 0,02 | ND | <13 | 159 | 5 | 1,60E+02 | 1,10E+03 | |
| | E-4 | Quebrada Tambor | | 0,015 | 19,2 | 7,8 | 5,4 | 298 | 15,68 | 6 | 0,27 | 0,6 | <13 | 203 | 6 | 1,42E+05 | 1,99E+05 | |
| Riosucio | E-1 | Río Sucio | 158 | 0,209 | 19,6 | 8,11 | 6,35 | 135 | 4,2 | <2 | <0,01 | ND | <13 | 134 | 8 | 3,20E+03 | 8,00E+03 | |
| | E-2 | Río Sucio | 200 | 0,513 | 21,4 | 7,95 | 6,3 | 154 | 11,76 | 4 | 0,03 | ND | 20 | 157 | 15 | 4,70E+03 | 1,74E+04 | |

Continuación

| Municipio | Estación | Fuente Receptora | Reconocimiento | Parámetros Campo Campaña Monitoreo | | | | | | | Datos de Laboratorio | | | | | | | |
|------------|----------|---------------------------------------|----------------|------------------------------------|---------------|------------------|---------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|---|--------------------------|-----|--------|-----------------|--------------------|--------------------|
| | | | | Conductividad (µS/cm) | Caudal (m³/s) | Temperatura (°C) | pH (Unidades) | OD (mg/l) | Conductividad (µS/cm) | DQO (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | Fósforo Total (mg P-PO ₄ /l) | Nitrógeno Total (mg N/l) | SST | ST | Turbiedad (UNT) | Coliformes Fecales | Coliformes totales |
| | | | | | | | | | | | | | | | (mg/l) | | (UFC/100ml) | |
| Risaralda | E-1 | No aparece en el plano de red hídrica | | 0,002 | 21 | 7,76 | 5,75 | 153 | 11,96 | 2 | <0,01 | 1,1 | 27 | 172 | 10 | 5,00E+02 | 6,00E+03 | |
| | E-2 | Quebrada Lázaro | 210 | 0,066 | 21,3 | 7,8 | 6,5 | 182 | 11,76 | 2 | 0,02 | 1,7 | <13 | 172 | 5 | 7,90E+04 | 1,58E+05 | |
| Viterbo | E-1 | Río Risaralda | 120 | 10,882 | 26,2 | 8,28 | 6,35 | 109 | 19,6 | 2 | <0,01 | ND | 62 | 175 | 38 | 2,00E+03 | 9,70E+04 | |
| | E-2 | Río Risaralda | 156 | 14,783 | 27,5 | 8,22 | 5,25 | 133 | 15,64 | 2 | 0,01 | ND | 38 | 141 | 17 | 3,20E+04 | 9,70E+04 | |
| Anserma | E-1 | Quebrada Cauya | 96 | 0,054 | 18,5 | 7,9 | 6,2 | 116 | 7,84 | <2 | <0,01 | ND | 18 | 73 | 10 | 5,20E+03 | 1,04E+04 | |
| | E-2 | Quebrada Cauya | 248 | 0,393 | 20 | 7,9 | 5,15 | 184 | 15,68 | <2 | 0,02 | ND | 14 | 97 | 8 | 6,00E+02 | 7,60E+03 | |
| | E-3 | Quebrada San Pedro | 18 | 0,115 | 18 | 8 | 7,45 | 117 | 7,84 | 2 | <0,01 | ND | 18 | 107 | 6 | 3,00E+03 | 5,10E+04 | |
| | E-4 | Quebrada San Pedro | 68 | 0,153 | 20 | 8,12 | 7,5 | 130 | 11,72 | <2 | 0,02 | ND | 16 | 128 | 6 | 5,00E+02 | 1,00E+04 | |
| | E-5 | Río Risaralda | | 10,5 | 18 | 8,4 | 7,1 | 107 | 7,84 | 7 | <0,01 | 1,1 | 34 | 211 | 16 | 5,00E+03 | 8,40E+04 | |
| | E-6 | Río Risaralda | | 79 | 11,255 | 21,8 | 8,1 | 6,6 | 90 | 7,84 | <2 | <0,01 | ND | 19 | 91 | 8 | 2,00E+03 | 6,50E+04 |
| Belalcázar | E-1 | Q. 2614-001-022-004 | 296 | 0,054 | 22,3 | 7,94 | 6,5 | 230 | 7,84 | <2 | 0,01 | ND | <13 | 153 | 5 | 9,00E+02 | 9,60E+03 | |
| | E-2 | Quebrada Betulia | 390 | 0,077 | 24,5 | 8,19 | 4,25 | 264 | 8,6 | <2 | 0,01 | ND | <13 | 166 | 8 | 1,60E+03 | 1,74E+04 | |
| | E-3 | Q. 2617-124-011 | | 0,0007 | 21,8 | 6,62 | 7,65 | 201 | 10,53 | 2 | <0,01 | ND | 33 | 166 | 14 | 5,00E+02 | 1,63E+04 | |
| | E-4 | Quebrada Montevideo | 367 | 0,024 | 21,7 | 8,26 | 7,4 | 293 | 7,84 | <2 | 0,08 | 0,6 | <13 | 223 | 5 | 2,00E+03 | 3,30E+04 | |

Continuación

| Municipio | Estación | Fuente Receptora | Reconocimiento | Parámetros Campo Campaña Monitoreo | | | | | | | Datos de Laboratorio | | | | | | | |
|------------|----------|-----------------------|----------------|------------------------------------|---------------|------------------|---------------|-----------|-----------------------|------------|-------------------------|---|--------------------------|-----|--------|-----------------|--------------------|--------------------|
| | | | | Conductividad (µS/cm) | Caudal (m³/s) | Temperatura (°C) | pH (Unidades) | OD (mg/l) | Conductividad (µS/cm) | DQO (mg/l) | DBO ₅ (mg/l) | Fósforo Total (mg P-PO ₄ /l) | Nitrógeno Total (mg N/l) | SST | ST | Turbiedad (UNT) | Coliformes Fecales | Coliformes totales |
| | | | | | | | | | | | | | | | (mg/l) | | (UFC/100ml) | |
| San José | E-1 | Q. 2614-001-046-009 | | 0,029 | 23 | 7,63 | 5,36 | 200 | 25,48 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 186 | 26 | 7,00E+03 | 1,26E+05 | |
| | E-2 | Quebrada Changui | | 0,09 | 24 | 7,21 | 5,4 | 229 | 14,4 | 3 | <0.01 | ND | <13 | 134 | 8 | 4,00E+03 | 9,90E+04 | |
| | E-3 | Quebrada de La Habana | | 0,071 | 21,9 | 8,3 | 7,4 | 204 | 13,67 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 147 | 8 | 7,00E+02 | 6,90E+03 | |
| | E-4 | Quebrada de La Habana | | 0,091 | 21,8 | 8,4 | 6,5 | 217 | 10,97 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 156 | 8 | 2,00E+03 | 3,30E+04 | |
| Aranzazu | E-1 | Quebrada Sargento | 59 | 0,079 | 18,3 | 7,6 | 6,1 | 69 | 7,84 | <2 | 0,02 | 1,1 | 14 | 119 | 9 | 3,40E+02 | 6,50E+02 | |
| | E-2 | Quebrada Sargento | 107 | 0,282 | 20 | 7,9 | 5,05 | 118 | 8,18 | 4 | 0,03 | ND | <13 | 135 | 6 | 9,00E+03 | 3,70E+04 | |
| | E-3 | Quebrada Honda | 69 | 0,662 | 19,5 | 7,87 | 6,1 | 69 | 5,45 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 112 | 7 | 7,00E+02 | 5,40E+03 | |
| | E-4 | Quebrada Honda | 81 | 0,962 | 19,5 | 7,83 | 6,1 | 87 | 7,8 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 57 | 7 | 3,20E+04 | 4,70E+04 | |
| Filadelfia | E-1 | Río Mayba | | 0,068 | 22,7 | 8,4 | 5,55 | 410 | 3,92 | <2 | <0.01 | ND | <13 | 241 | 4 | 5,00E+02 | 9,60E+03 | |
| | E-2 | Río Mayba | 444 | 0,66 | 23,1 | 8,46 | 5,95 | 580 | 10,61 | <2 | 0,06 | ND | 22 | 375 | 14 | 3,20E+02 | 1,11E+03 | |
| Neira | E-1 | Río Tapía | | 1,008 | 15,9 | 7,86 | 7,1 | 90 | 7,9 | <2 | 0,02 | ND | <13 | 98 | 82 | 9,60E+02 | 1,46E+03 | |
| | E-2 | Río Tapía | | 1,623 | 19,6 | 8,03 | 6,6 | 148 | 19,6 | 4 | 0,04 | ND | 40 | 163 | 21 | 4,70E+04 | 1,90E+05 | |

ND = No detectable

4.1. Análisis de Resultados

El análisis de resultados se hizo en base a una comparación entre los resultados obtenidos de forma experimental y los esperados de acuerdo al número de habitantes, además de verificar si cumple o no con la normatividad ambiental. En tabla 9 se presentan los aportes de contaminantes por habitante reportados por Tchobanoglous, y en la tabla 10 se encuentran los aportes de contaminantes de acuerdo al caudal y al número de habitantes de cada municipio.

Los datos esperados para el análisis de estos parámetros son en su mayoría más altos que los obtenidos de forma experimental en el laboratorio. La comparación de estos datos sirve únicamente como guía ya que no existe un agua residual típica puesto que esta va a estar predeterminada por las condiciones de cada municipio. Los valores esperados presentados en la tabla 9 fueron recolectados de diversas fuentes, principalmente de los Estados Unidos.

Tabla 9. Aportes de Contaminantes por Habitante (en base seca)

| Constituyente (1) | Aporte, lb/hab.d | | | Aporte, g/hab.d | | |
|--------------------|------------------|---|--|-----------------|---|--|
| | Intervalo (2) | Valor habitual sin incluir residuos de cocina (3) | Valor habitual incluyendo residuos de cocina (4) | Intervalo (5) | Valor habitual sin incluir residuos de cocina (6) | Valor habitual incluyendo residuos de cocina (7) |
| DBO ₅ | 0.11-0.26 | 0.180 | 0.220 | 50-120 | 80 | 100 |
| DQO | 0.30-0.65 | 0.420 | 0.480 | 110-295 | 190 | 220 |
| SST | 0.13-0.33 | 0.200 | 0.250 | 60-150 | 90 | 110 |
| NH ₃ -N | 0.011-0.026 | 0.017 | 0.019 | 50-12 | 7.6 | 8.4 |
| Norg-N | 0.0009-0.022 | 0.012 | 0.013 | 4-10 | 5.4 | 5.9 |
| NTK-N | 0.020-0.048 | 0.029 | 0.032 | 9-21.7 | 13 | 14.3 |
| Porg-P | 0.002-0.004 | 0.0026 | 0.0028 | 0.9-1.8 | 1.2 | 1.3 |
| Pinorg-P | 0.004-0.006 | 0.0044 | 0.0048 | 1.8-2.7 | 2.0 | 2.2 |
| Ptotal-P | 0.006-0.010 | 0.0070 | 0.0076 | 2.7-4.5 | 3.2 | 3.5 |
| Grasas y Aceites | 0.022-0.088 | 0.0661 | 0.075 | 10.-40 | 30 | 34 |

Tomada de Tchobanoglous. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Página 179.

Tabla 10. Valores Esperados Calculados de Acuerdo al Número de Habitantes

| Municipio | Estación | Habitantes | Caudal (Mgal/d) | DBO ₅ (mg/L) | DQO (mg/L) | SST (mg/L) | NTK (mg/L) | P _{Total} (mg/L) |
|------------|----------|------------|-----------------|-------------------------|------------|------------|------------|---------------------------|
| Aguadas | E-2 | 62070 | 15.04 | 108.86 | 237.57 | 123.71 | 15.83 | 3.76 |
| | E-2 | | 8.97 | 143.47 | 313.04 | 163.04 | 20.87 | 4.46 |
| Anserma | E-4 | 48788 | 3.49 | 368.76 | 804.57 | 419.04 | 53.64 | 12.79 |
| | E-6 | | 256.89 | 5 | 10.93 | 5.69 | 0.73 | 0.17 |
| Aranzazu | E-2 | 19452 | 6.44 | 79.68 | 173.84 | 90.54 | 11.59 | 2.75 |
| | E-4 | | 21.96 | 23.37 | 50.98 | 26.55 | 3.40 | 0.81 |
| Belalcázar | E-2 | 16092 | 1.76 | 241.19 | 526.23 | 274.08 | 35.08 | 8.33 |
| | E-4 | | 0.55 | 771.80 | 1683.92 | 877.04 | 112.26 | 26.66 |
| Filadelfia | E-2 | 17291 | 15.06 | 30.29 | 66.08 | 34.42 | 4.40 | 1.05 |
| | E-2 | | 0.98 | 374.07 | 816.15 | 425.08 | 54.41 | 12.92 |
| La Merced | E-4 | 13897 | 0.34 | 1078.20 | 2392.43 | 1225.22 | 156.83 | 37.25 |
| Manzanares | E-2 | 39785 | 25.80 | 40.68 | 88.75 | 46.22 | 5.92 | 1.40 |

| Continuación | | | | | | | | |
|--------------|----------|------------|-----------------|-------------------------|------------|------------|------------|---------------------------|
| Municipio | Estación | Habitantes | Caudal (Mgal/d) | DBO ₅ (mg/L) | DQO (mg/L) | SST (mg/L) | NTK (mg/L) | P _{Total} (mg/L) |
| Marmato | E-2 | 9313 | 2.99 | 86.16 | 179.26 | 93.37 | 11.95 | 2.84 |
| | E-2 | 16724 | 2.26 | 195.20 | 425.90 | 221.82 | 28.39 | 6.74 |
| Marquetalia | E-4 | | 36.18 | 12.19 | 26.60 | 13.83 | 1.77 | 0.42 |
| Marulanda | E-2 | 4317 | 31.95 | 3.56 | 7.78 | 4.05 | 0.52 | 0.12 |
| Neira | E-2 | 26696 | 37.04 | 19.01 | 41.48 | 21.60 | 2.76 | 0.66 |
| Norcasia | E-2 | 8053 | 1.19 | 178.51 | 389.48 | 202.85 | 25.26 | 6.17 |
| | E-4 | | 22 | 9.66 | 21.07 | 10.97 | 1.40 | 0.33 |
| Pacora | E-2 | 21864 | 7.05 | 81.81 | 178.49 | 92.96 | 11.90 | 2.83 |
| Pensilvania | E-2 | 26975 | 25.27 | 28.16 | 61.44 | 31.99 | 4.09 | 0.97 |
| Riosucio | E-2 | 49548 | 11.71 | 111.61 | 243.52 | 126.84 | 16.23 | 3.86 |
| Risaralda | E-2 | 22567 | 1.51 | 394.23 | 860.14 | 447.99 | 57.34 | 13.62 |
| Salamina | E-2 | 29048 | 102.85 | 7.45 | 16.25 | 8.47 | 1.08 | 0.26 |
| Samana | E-2 | 44012 | 1.07 | 1085.03 | 2367.35 | 1232.99 | 157.82 | 37.48 |
| | E-4 | | 14.36 | 80.85 | 176.40 | 91.87 | 11.76 | 2.79 |
| San José | E-2 | 7480 | 2.05 | 96.25 | 210 | 109.37 | 14 | 3.32 |
| | E-4 | | 2.08 | 94.86 | 206.97 | 107.80 | 13.80 | 3.28 |
| Supia | E-2 | 25005 | 90.98 | 7.25 | 15.82 | 75.10 | 1.05 | 0.25 |
| Victoria | E-2 | 12121 | 0.48 | 666.12 | 1453.36 | 756.96 | 96.89 | 23.01 |
| Viterbo | E-2 | 18866 | 337.41 | 1.48 | 3.22 | 1.68 | 0.21 | 0.05 |

4.1.1 pH

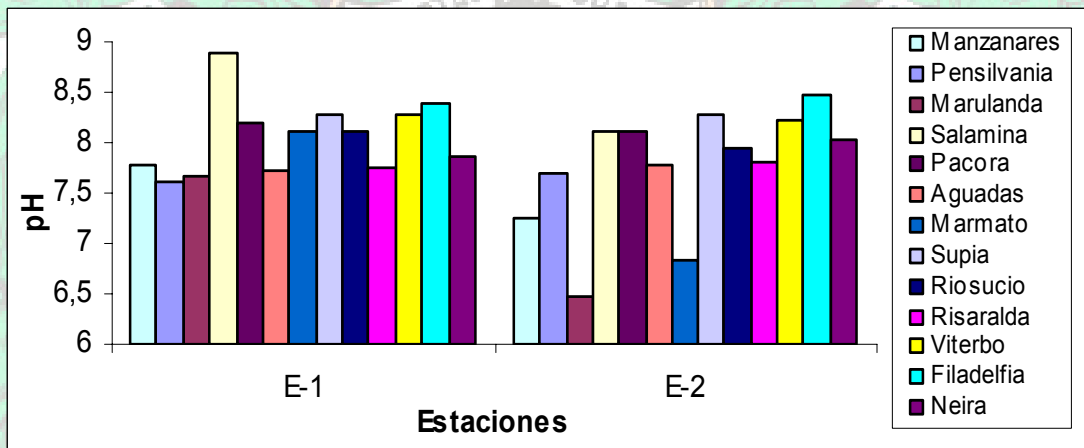
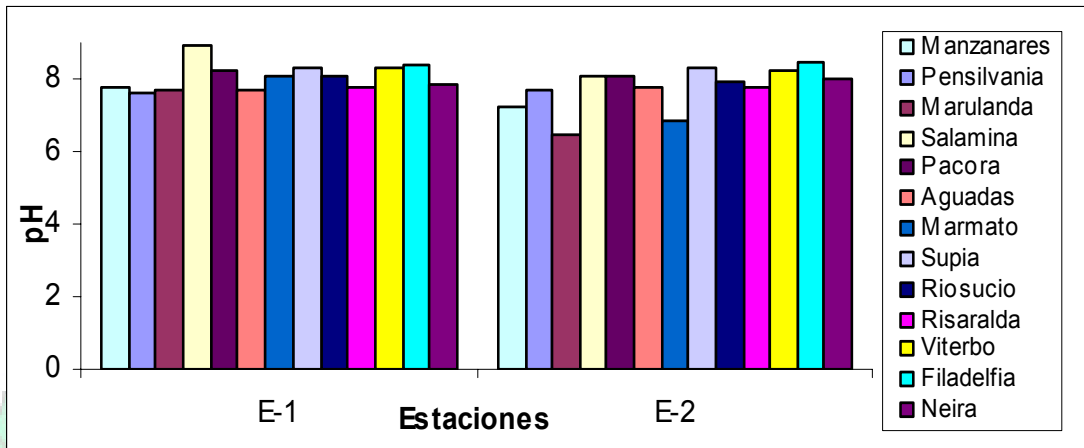
Los puntos de los diferentes municipios de las estaciones E-1, E-3 y E-5 son puntos antes de cualquier descarga o vertimiento sea industrial o domestico por lo tanto estas fuentes de agua pueden ser usadas como agua para consumo humano y domestico. Según el artículo 39 del decreto 1594 de 1984 el pH debe encontrarse en un rango de 6.5 y 8.5 unidades. Todos los municipios cumplen con esta regla observándose unas pequeñas diferencias en Salamina, Marulanda y Marquetalia.

El paso a las estaciones E-2, E-4 y E-6 son puntos después de los descoles del municipio en los cuales no se aprecia una variación significativa y cumplen con el artículo 72 del decreto 1594 de 1984 para vertimientos el cual establece un rango de pH entre 5 y 9 unidades.

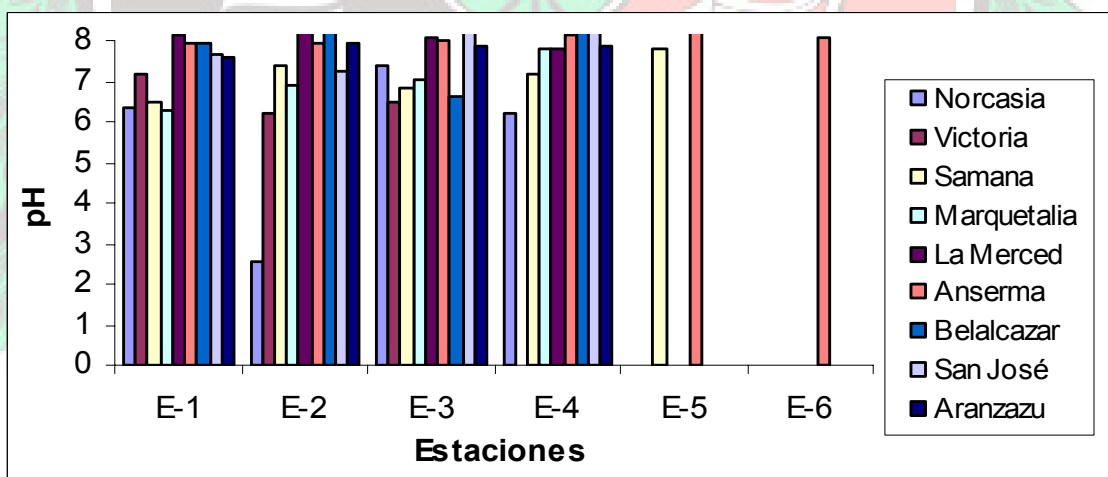
El punto donde se registro el valor más alto fue en Salamina en el río Chambery antes de entrar al municipio con un pH igual 8.9, y el punto con el menor valor fue en Marquetalia antes de entrar al municipio con pH igual a 6.25 unidades. Esto indica que la gran mayoría de las fuentes de agua se encuentran bien en cuanto al valor del pH y que los vertimientos del municipio no afectan este parámetro.

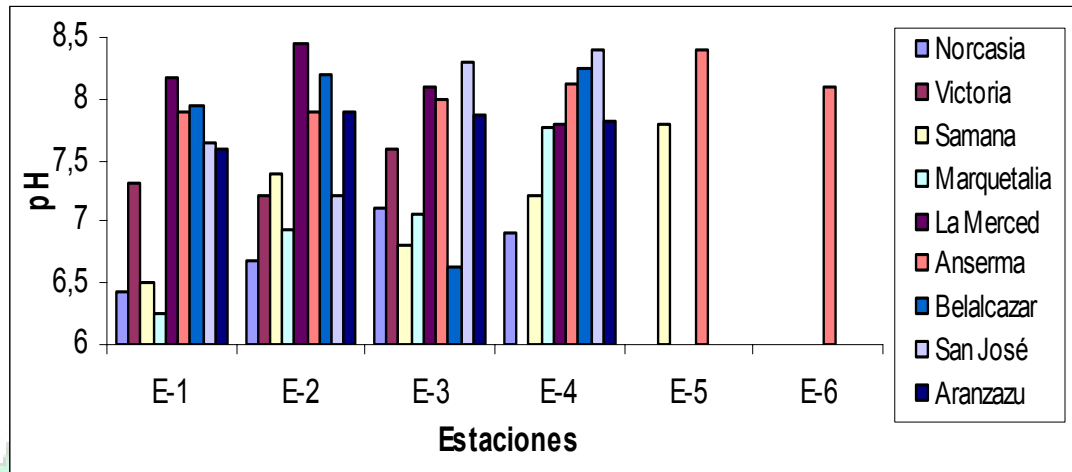
A continuación se presentan las graficas de variación de pH que se tuvieron en cuenta para el anterior análisis.

Grafica 1. pH para municipios con dos estaciones de muestreo



Grafica 2. pH para municipios con más de dos estaciones de muestreo





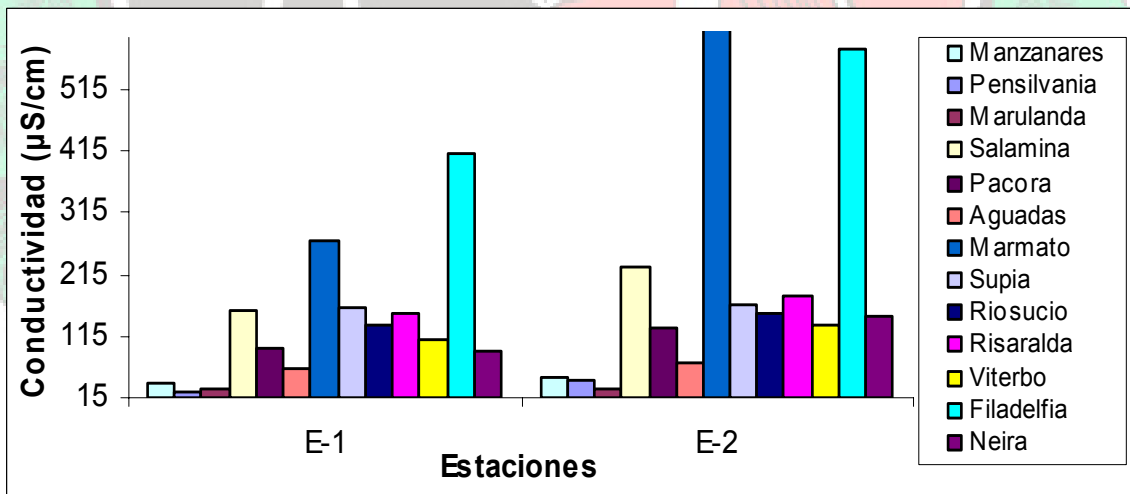
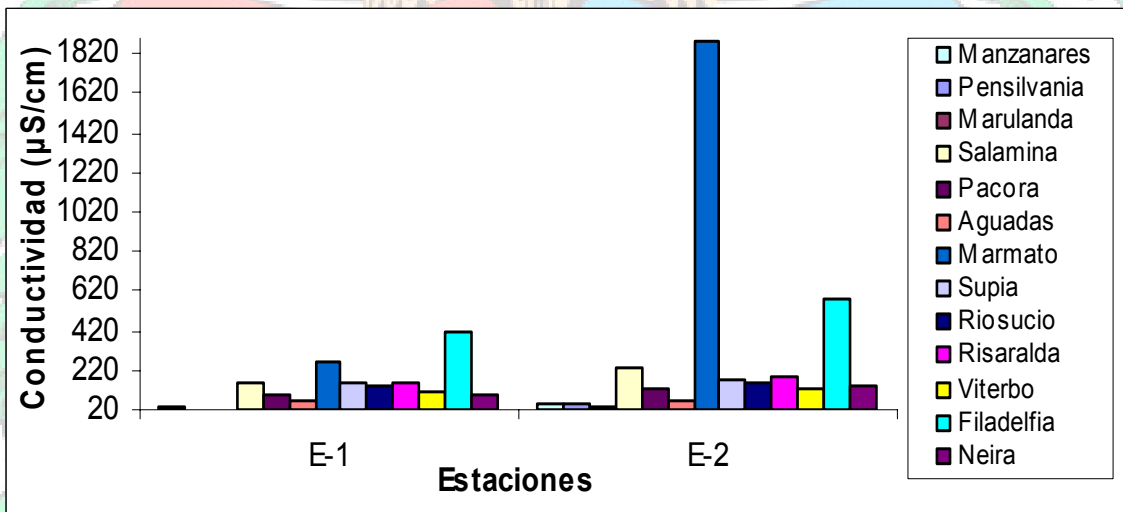
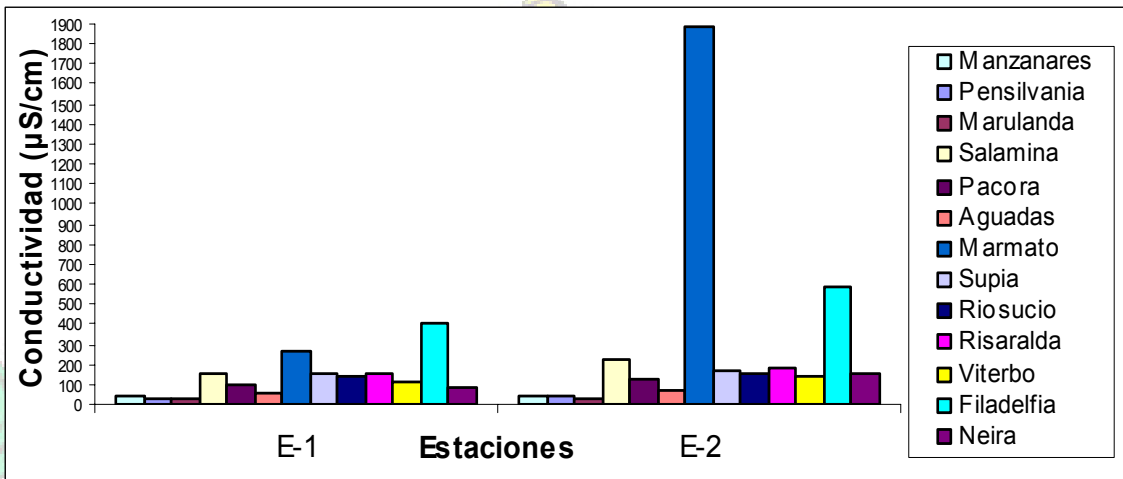
4.1.2 Conductividad

En cuanto a la conductividad es importante tenerla en cuenta en los puntos antes de cualquier descarga con el fin de saber si sus valores cumplen con los establecidos por las normas ambientales. Según el artículo 6 del decreto 475 la conductividad apropiada para agua potable se encuentra en el rango de 50 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

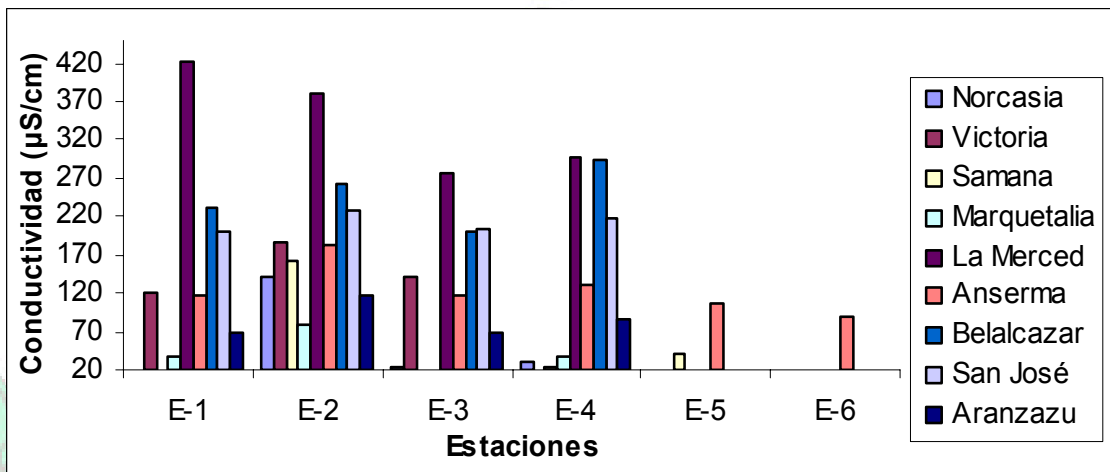
Los puntos con menor conductividad fueron encontrados en Norcasia en las quebradas Norcasia y Bejuca, en Samaná en las quebradas San Agustín y Tasajos, en Manzanares en el río Santodomingo, en Marquetalia, en Pensilvania y Marulanda todos con una conductividad menor a 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ incumpliendo con el reglamento. El resto de los municipios se encuentra dentro del reglamento con excepción de Marmato que en el punto de la quebrada Aguas Claras registró una conductividad de 1884 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a pesar de que es un punto de descarga del municipio el valor registrado era el esperado ya que este punto recibe vertimientos provenientes de la actividad minera. El valor de la conductividad es usado como un parámetro sustituto de la concentración de sólidos disueltos totales, como la corriente eléctrica es transportada por iones en solución, el aumento en la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad.

A continuación se presentan las graficas de variación de la Conductividad que se tuvieron en cuenta para el anterior análisis.

Grafica 3. Conductividad para municipios con dos estaciones de muestreo



Grafica 4. Conductividad para municipios con más de dos estaciones de muestreo



4.1.3 DBO₅ y DQO

En las graficas de DBO₅ y DQO se observa claramente que los puntos con una mayor demanda de oxígeno, lo cual indica un índice de contaminación más elevado, se encontraron en Samaná en la quebrada San Agustín después del último descole y en la quebrada Tasajos en la desembocadura al río La Miel; lo cual puede deberse a descargas de aguas provenientes de la actividad cafetera. En este punto se observa una gran diferencia entre la DBO₅ y DQO lo que es indicio de que la materia orgánica presente no puede ser degradada fácilmente de forma biológica y que requiere de agentes químicos para su degradación. Claro esta que estos valores no son demasiado altos así que el nivel de contaminación presente en este punto no es preocupante.

En Marmato la situación es más preocupante por que en el punto E-2 de la quebrada Aguas Claras se registra una DQO de 6140.2 mg/l y una DBO₅ de 25 mg/l lo cual refleja el grave problema de contaminación. Además de no cumplir con los reglamentos ambientales establecidos.

Los datos obtenidos en el laboratorio para los puntos después de los descoles fueron más bajos que los aportes de contaminantes esperados por habitante para pequeñas poblaciones, esto puede explicarse por la topografía y el clima de estas regiones lo que puede ayudar en parte a una autorecuperación de la cuenca. Se encontraron algunas excepciones en Marmato en la quebrada Aguas Claras donde el valor de DBO₅ experimental fue de 25 mg/L la cual es menor que la esperada que es de 86.16 mg/L de forma contraria ocurre con la DQO donde el valor experimental es de 6140.2 mg/L excediendo el valor esperado que es de 179.26 mg/L, también en Viterbo se exceden los valores. Lo anterior indica que esta agua requiere una mayor cantidad de oxígeno para poder degradar la materia orgánica en su mayoría.



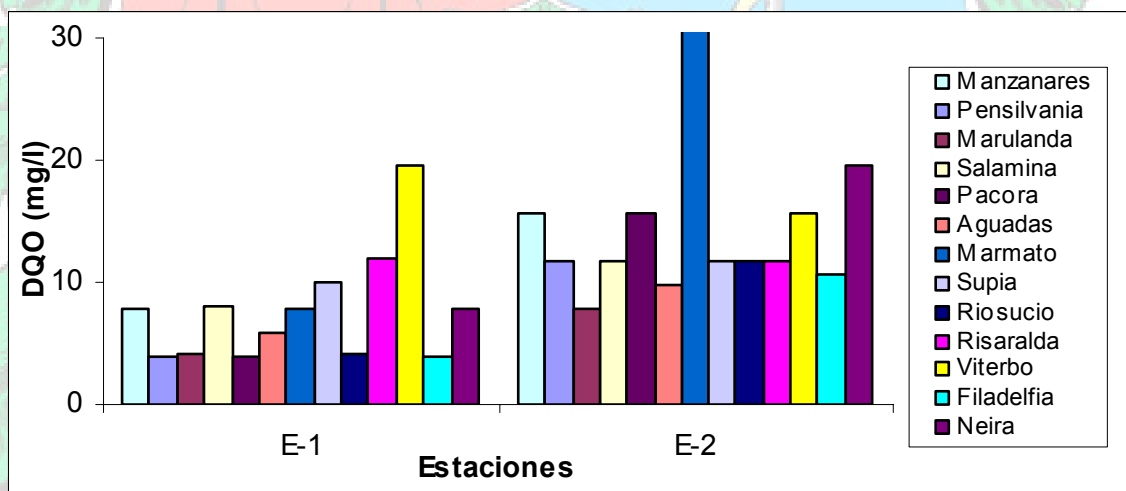
Aunque la DBO₅ es un parámetro comúnmente usado, tiene varias deficiencias serias. Una de ellas es que la prueba no tiene validez estequiométrica. Es decir, el periodo arbitrario de cinco días no corresponde al momento en que se haya consumido todo el residuo. Otras limitaciones del ensayo incluyen la necesidad de aclimatar bacterias que sirvan como inóculo, el potencial aumenta la demanda por efectos de la nitrificación, y limitaciones generales sobre la precisión del ensayo. La prueba de DBO goza de baja reproductibilidad, y valores menores de 2 mg/L son sospechosos.

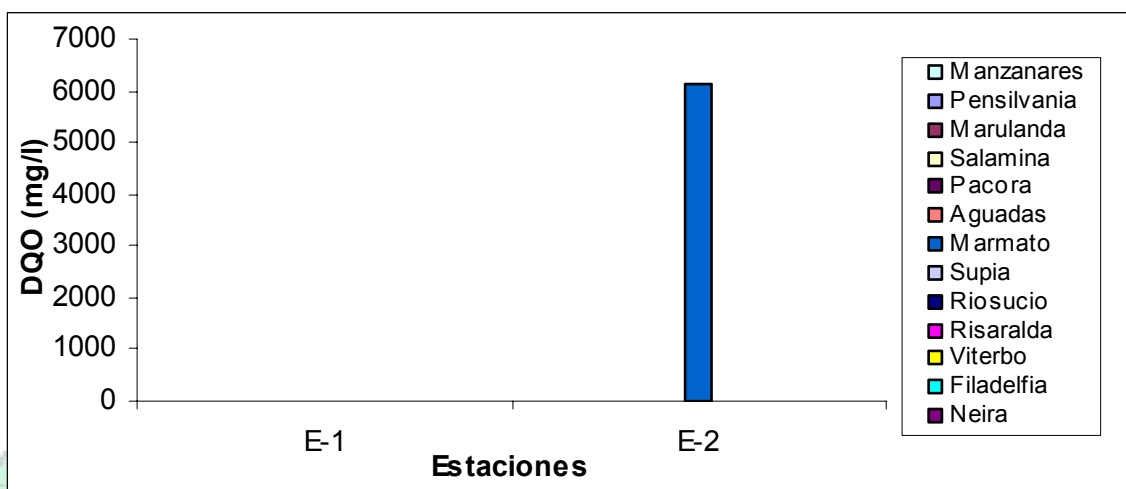
Desde el punto de vista analítico, la DBO es un parámetro pobre, por que al igual que la prueba de sólidos suspendidos totales, es un parámetro que agrupa un conjunto de constituyentes de las aguas residuales pero no da información individual acerca de ellos. A pesar de sus limitaciones el uso de la DBO como parámetro de regulación es aceptable porque la prueba representa el consumo potencial de oxígeno que las aguas residuales pueden demandar en las fuentes receptoras y el grado de tratamiento al que ha sido sometida determinada agua residual.

En el caso de la DQO se pueden obtener valores altos debido a sustancias inorgánicas oxidadas por el agente oxidante utilizado en la prueba.

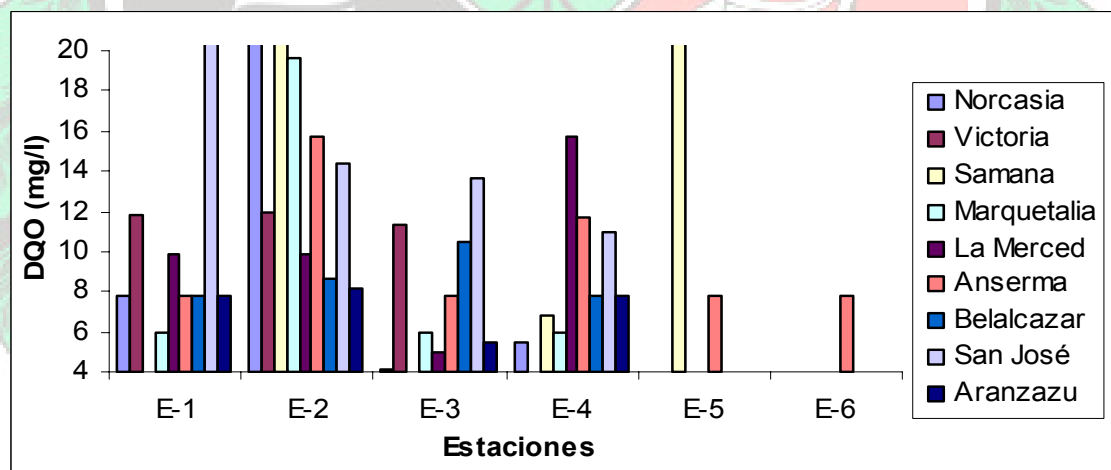
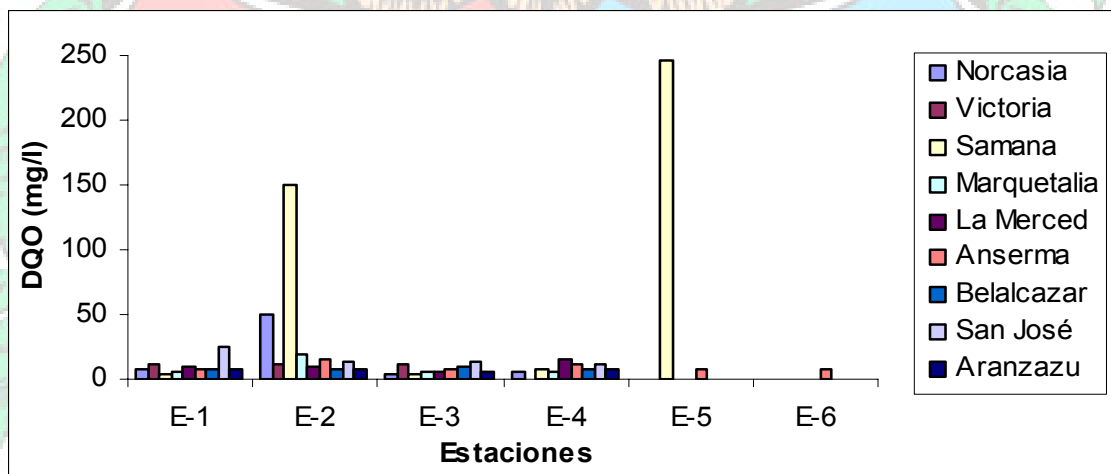
A continuación se presentan las graficas de variación de DQO y DBO₅ que se tuvieron en cuenta para el anterior análisis.

Grafica 5. DQO para municipios con dos estaciones de muestreo

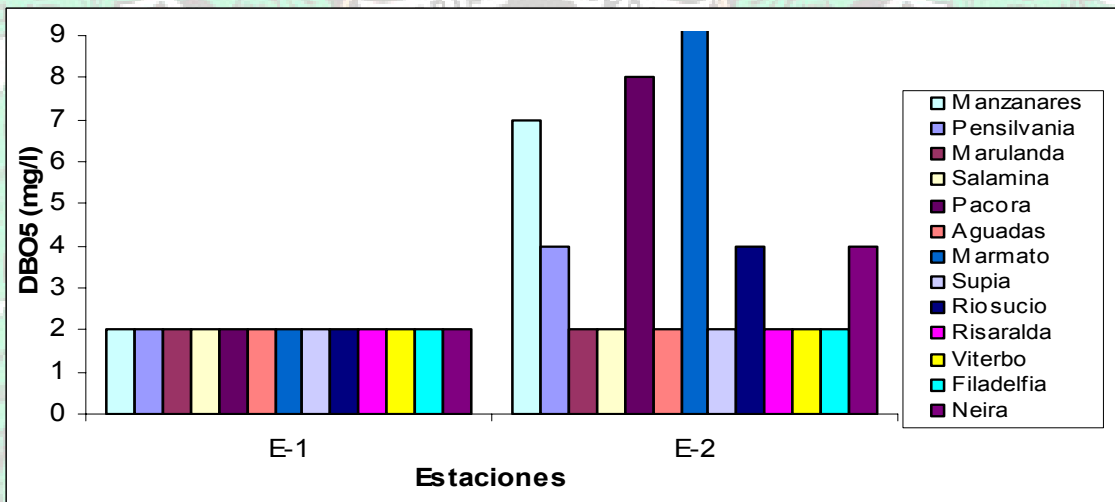
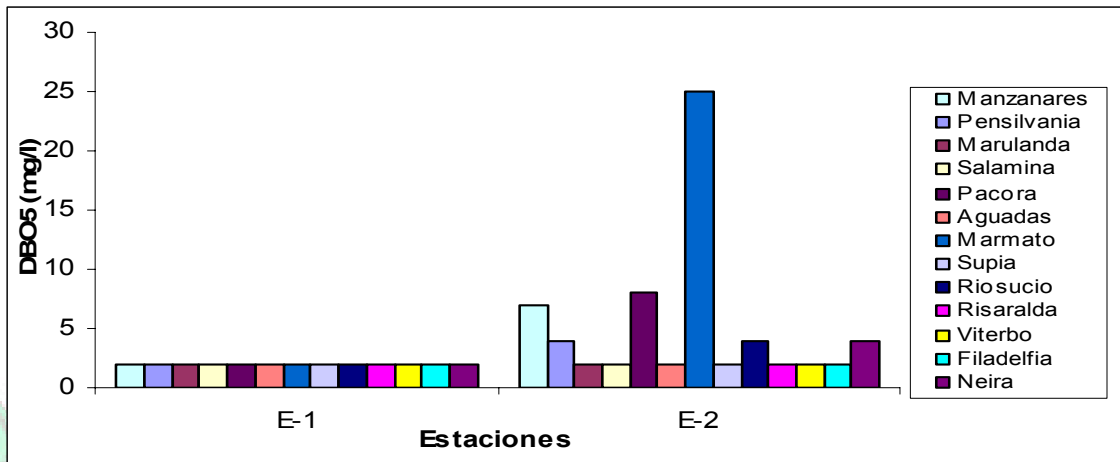




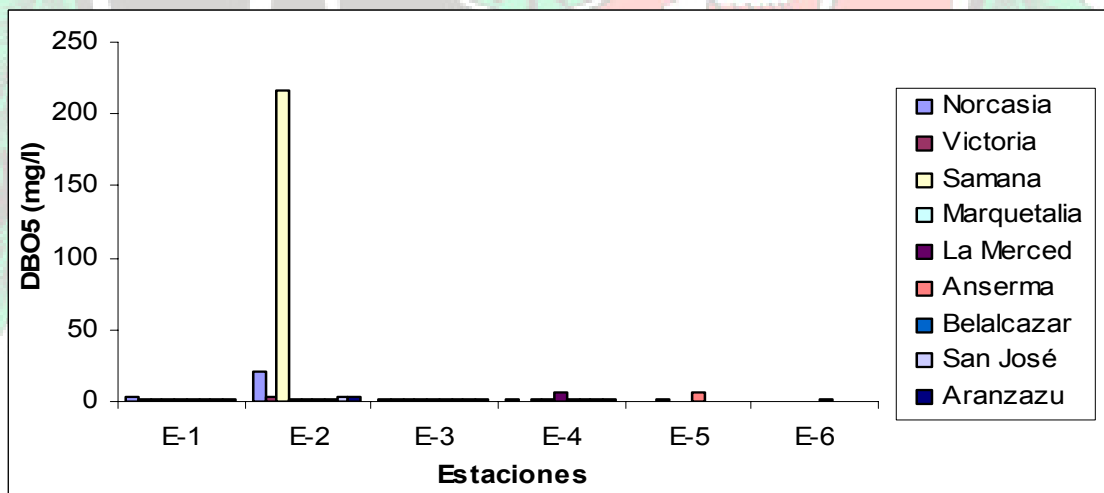
Grafica 6. DQO para municipios con más de dos estaciones de muestreo

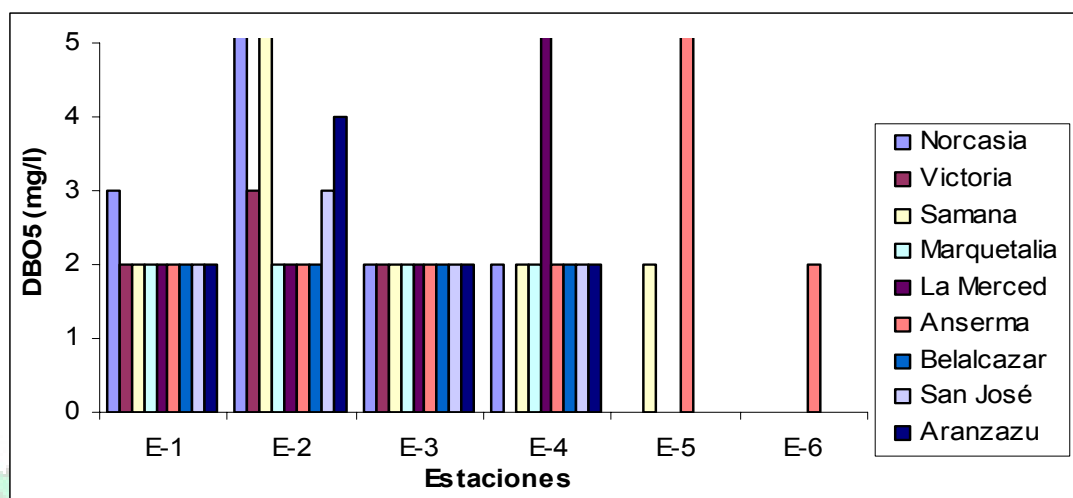


Grafica 7. DBO₅ para municipios con dos estaciones de muestreo



Grafica 8. DBO₅ para municipios con más de dos estaciones de muestreo





4.1.4 Oxígeno Disuelto

Su presencia es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación.

La presencia de oxígeno disuelto en el agua cruda depende de la temperatura, la presión y la mineralización del agua. La ley de Henry y Dalton dice: “La solubilidad de un gas en un líquido es directamente proporcional a la presión parcial e inversamente proporcional a la temperatura”.

No es posible establecer un contenido ideal de oxígeno en el agua, ya que hay aspectos positivos y negativos de su presencia. Sin embargo, si el agua contiene amoníaco o hierro y manganeso en sus formas reducidas, es preferible que el OD esté cercano al punto de saturación.

Las aguas superficiales no contaminadas, si son corrientes, suelen estar saturadas de oxígeno y a veces incluso sobresaturadas; su contenido depende de la aireación, de las plantas verdes presentes en el agua, de la temperatura y de la hora del día (mañana o tarde), etcétera.

Por otra parte, durante el verano el caudal de un río disminuye, por lo que también lo hace la cantidad total de oxígeno disponible y, por tanto, el consumo de este por los seres vivos acuáticos aumenta por unidad de volumen. Por eso no es extraño que haya grandes diferencias entre el verano y el invierno en lo que se refiere al OD.

Igualmente ocurre que este contenido varía del día a la noche, ya que los seres vivos consumen oxígeno para la respiración las 24 horas del día. Sin embargo, la fotosíntesis solo se realiza con afluencia de la luz solar.



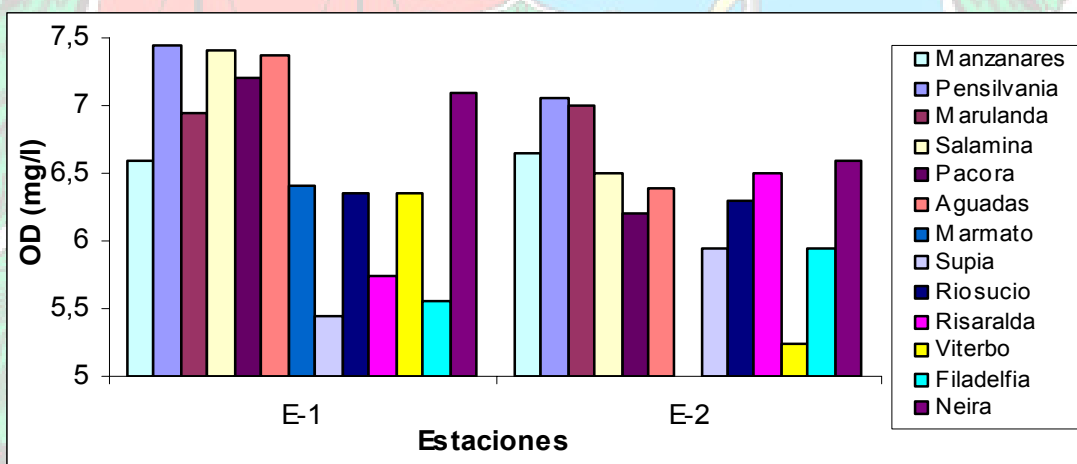
Se ha demostrado la existencia de una estrecha relación entre la distribución de oxígeno y la productividad de materia orgánica, viva o muerta. Por otro lado, la cantidad de OD en un cuerpo de agua está relacionada con su capacidad de autodepuración.

En las graficas de OD se observa que no hay un cambio significativo. De la observación de los datos de OD en algunos municipios se deduce que en la mayoría de ellos se presentan contaminaciones esporádicas que no afectan para nada el estado general de los mismos y representan solamente fenómenos locales.

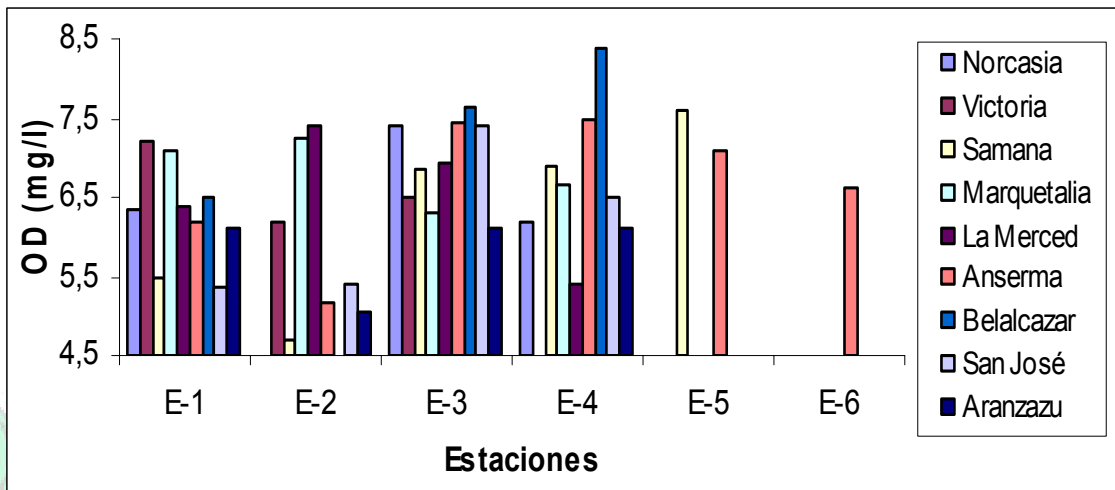
En general las cuencas con respecto al OD se encuentran en buenas condiciones registrándose valores en un rango de 5 a 7 mg/L. el punto con mayor contenido de oxígeno se presenta en Belalcázar en la quebrada 2617-124-011 cuyo valor es de 7.65 mg/L y el punto con el menor valor se presenta en Marmato en la quebrada aguas claras el cual no registra OD, aunque también se presentan otros puntos con un bajo contenido de OD como son Norcasia en la quebrada Norcasia con un valor de 2.55 mg/L y Belalcázar en la quebrada Betulia con un valor de 4.25 mg/L.

A continuación se presentan las graficas de variación de OD que se tuvieron en cuenta para el anterior análisis.

Grafica 9. OD para municipios con dos estaciones de muestreo



Grafica 10. OD para municipios con más de dos estaciones de muestreo



4.1.5 Turbiedad

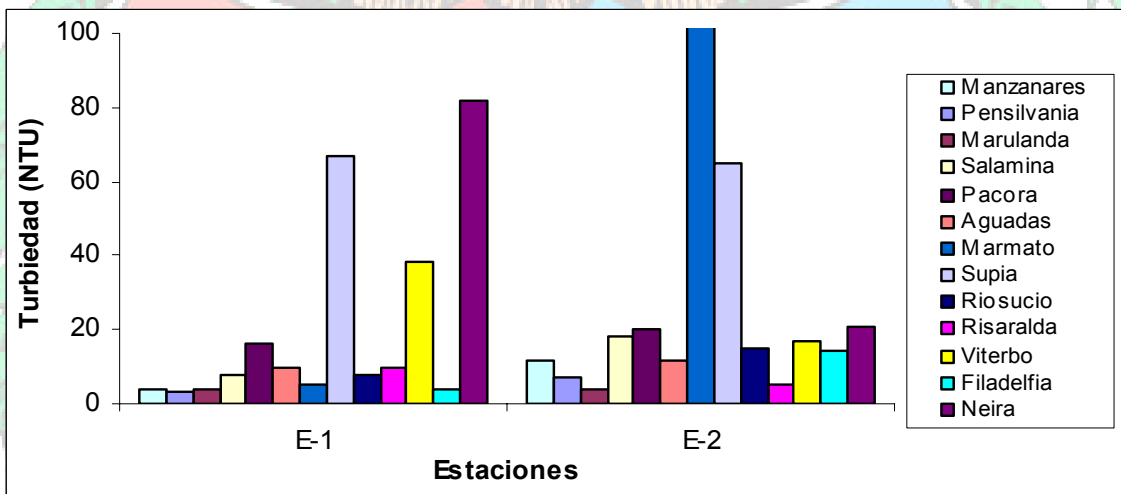
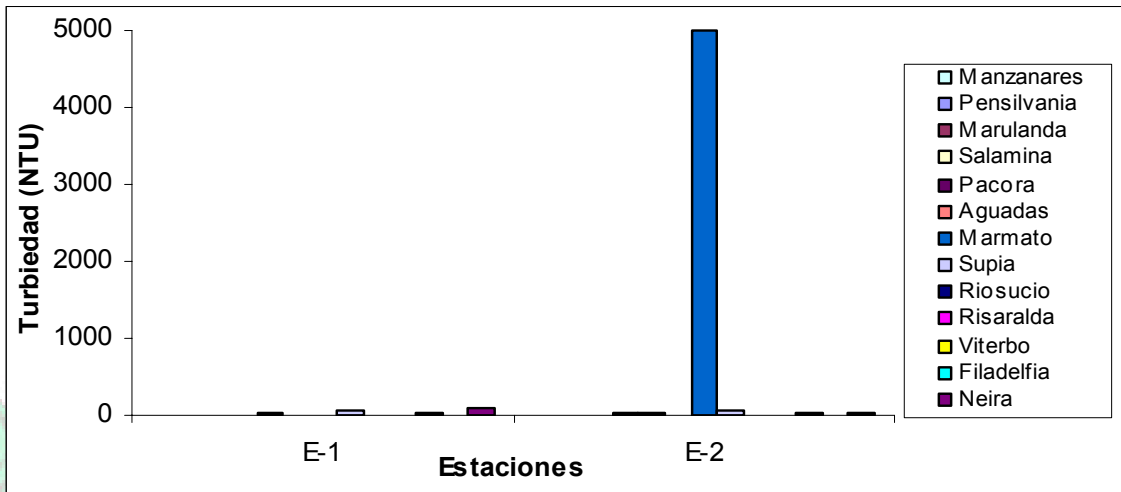
Este parámetro es un indicador de contaminación, por lo cual es muy importante tenerlo en cuenta en el análisis de un agua ya que será necesario para la formulación de posibles tratamientos. Según el artículo 39 del decreto 1594 de 1984 del agua para consumo humano el valor de la turbiedad debe ser menor a 10 UJT (unidades Jackson de turbiedad). La mayoría de los municipios cumplen con el valor establecido por el decreto, pero otros como Pacorá en el río Pacorá, Supía en el río Supía, Viterbo en el río Risaralda, San José en la quebrada Q. 2614-001-046-009 y Neira en el río Tapia registraron valores que no se encuentran dentro del límite establecido. En los municipios de Samaná y Marmato hay una variación significativa de la turbiedad lo cual indica un deterioro de esas aguas con relación al material residual en suspensión coloidal el cual impide la transmisión de la luz, ya que la absorbe y la dispersa.

Las principales sustancias que afectan el porcentaje de transmitancia en aguas residuales incluyen algunos compuestos inorgánicos por ejemplo cobre y hierro, compuestos orgánicos como tintes orgánicos, sustancias húmicas y compuestos con anillos conjugados como benceno y tolueno. El hierro se considera como el más importante con respecto a la absorbancia UV, por que le hierro en solución puede absorber directamente la luz UV a pesar de que se encuentre sobre sólidos suspendidos, colonias bacteriales y otros compuestos orgánicos.

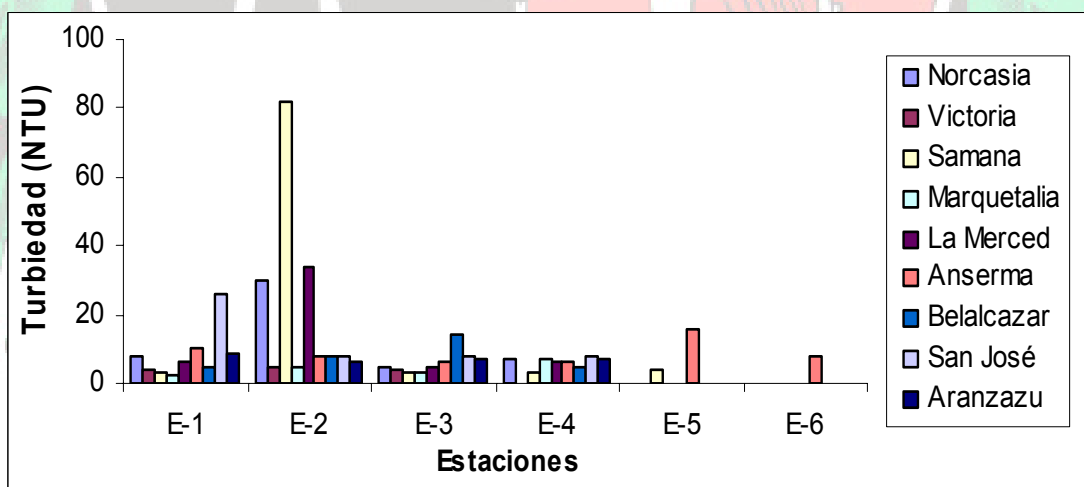
A continuación se presentan las graficas de variación de Turbiedad que se tuvieron en cuenta para el anterior análisis.

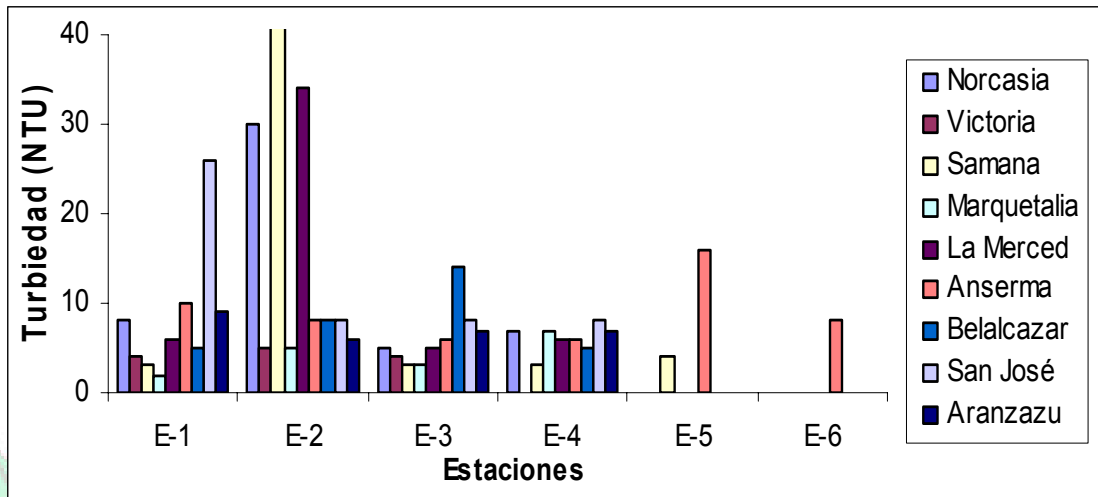


Grafica 11. Turbiedad para municipios con dos estaciones de muestreo



Grafica 12. Turbiedad para municipios con más de dos estaciones de muestreo





4.1.6 SST y ST

De las graficas de SST y ST se aprecia una gran variación en Filadelfia en el río Mayba donde los sólidos totales en el punto antes de pasar por el municipio son de 241 mg/L y en el punto después de los descoles son de 375 mg/L de igual forma ocurre con los sólidos suspendidos, en el punto antes es de 13 mg/L y en el punto después de 23 mg/L. En otros municipios como Marmato, Supía, Viterbo, Samaná, Manzanares, La Merced, Anserma y Belalcázar se presenta un alto contenido de sólidos mayor a 200 mg/L. En todos los municipios, todos los puntos antes de pasar por el municipio incumplen con la normatividad ambiental del agua destinada para consumo humano la cual indica que debe haber ausencia de sólidos y sustancias flotantes. En Marmato en la quebrada Aguas Claras es donde se presenta el mayor contenido de sólidos totales con una concentración de 17279 mg/L y de sólidos suspendidos totales de 6686 mg/L.

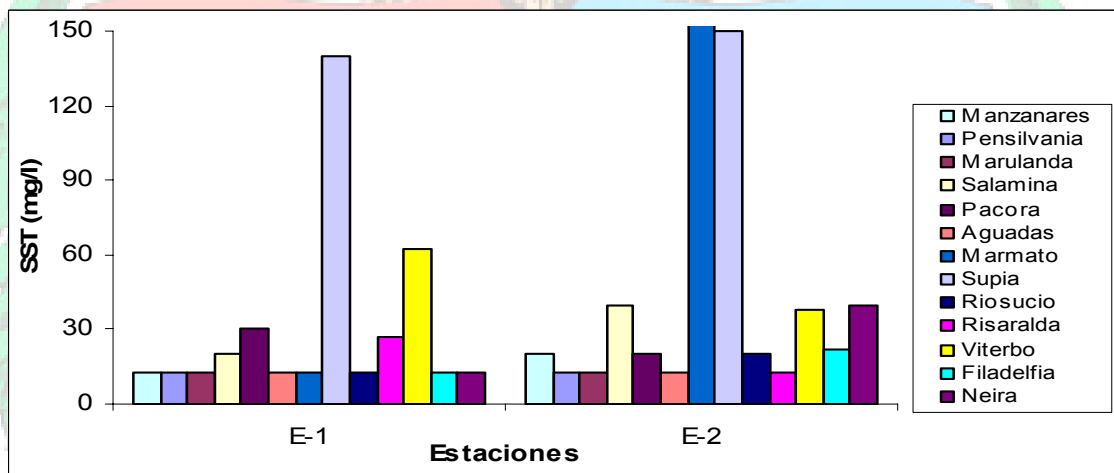
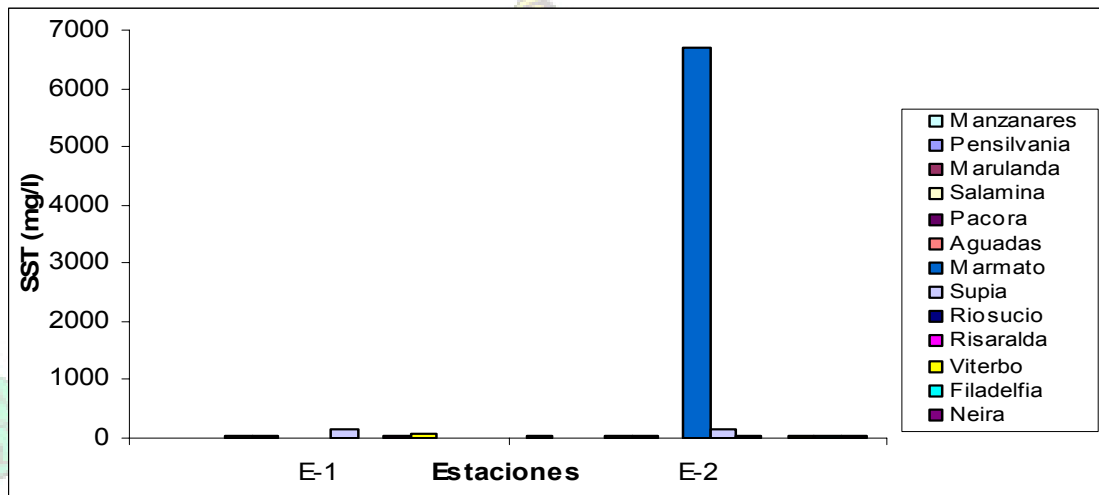
Hay algunos municipios que exceden los valores esperados de los SST como son Anserma en el río Risaralda, Neira en el río Tapia, Salamina en el río Chambery, Supía en el río Supía, Viterbo en el río Risaralda y Marmato en la quebrada Aguas Claras para la cual el valor esperado era de 93.37 mg/L.

Los resultados de la prueba de SST son usados principalmente como medida de desempeño de las unidades de tratamiento y con propósito de control más no como un evaluador óptimo de la calidad de agua, es importante anotar que la prueba por si misma no tiene importancia significativa.

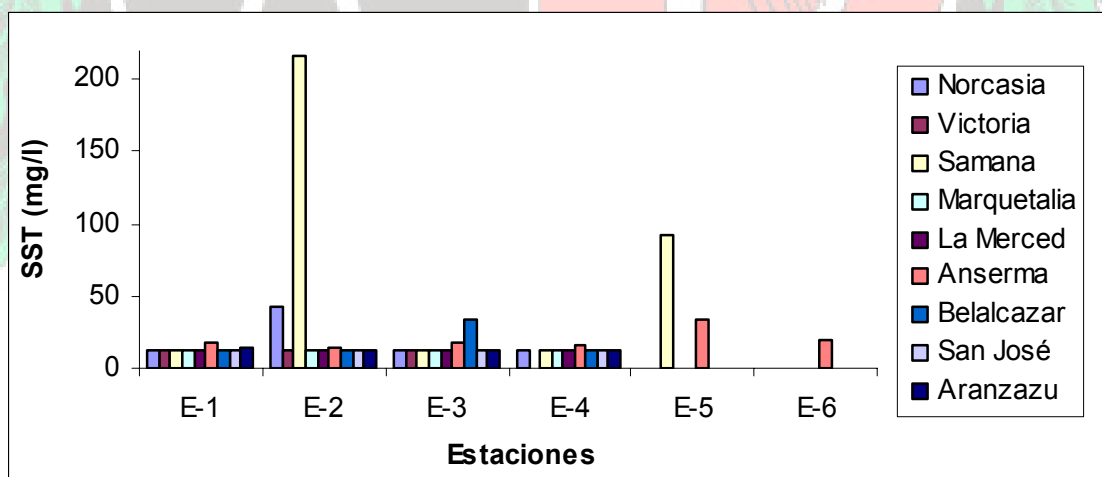
A continuación se presentan las graficas de variación de SST y ST que se tuvieron en cuenta para el anterior análisis.

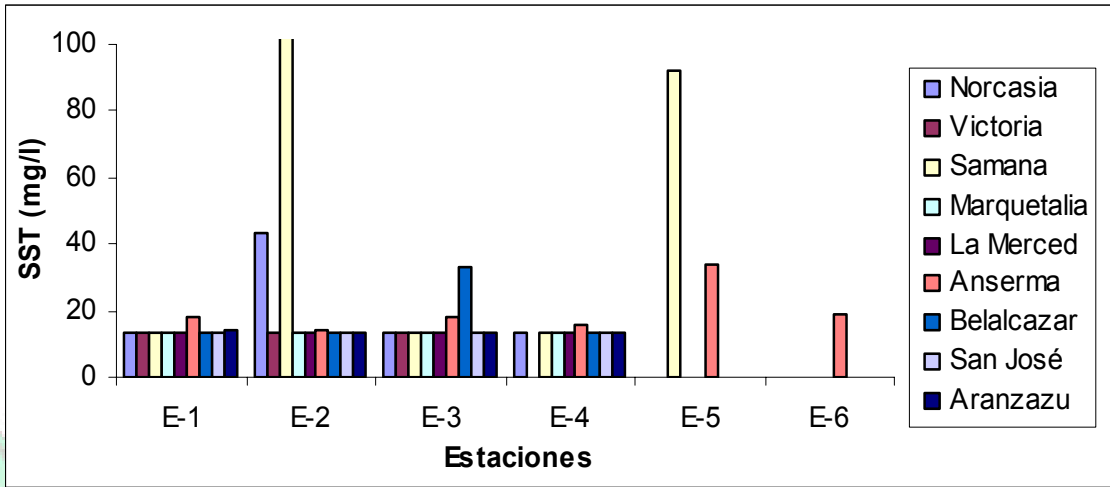


Grafica 13. Sólidos Suspendedos Totales para municipios con dos estaciones de muestreo

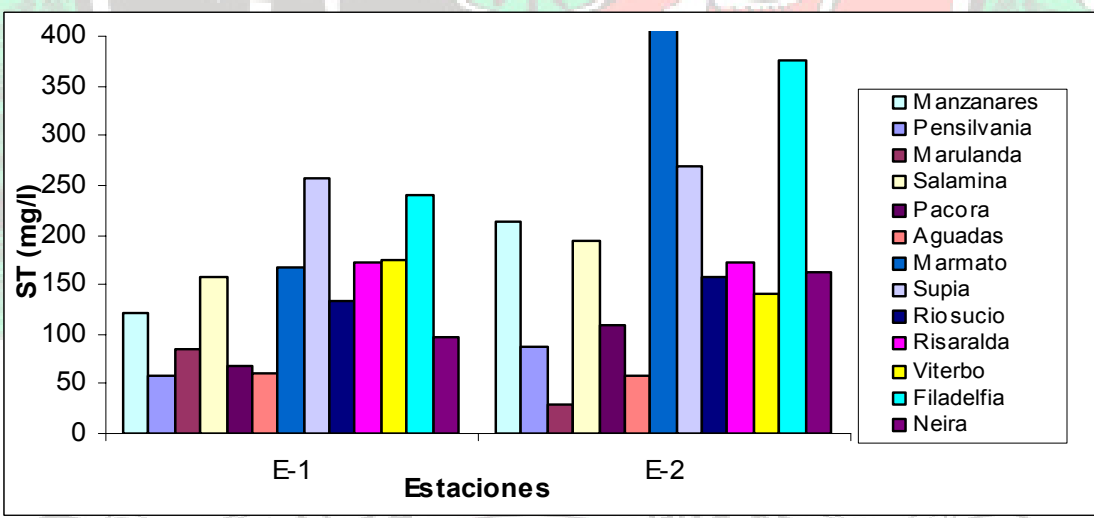
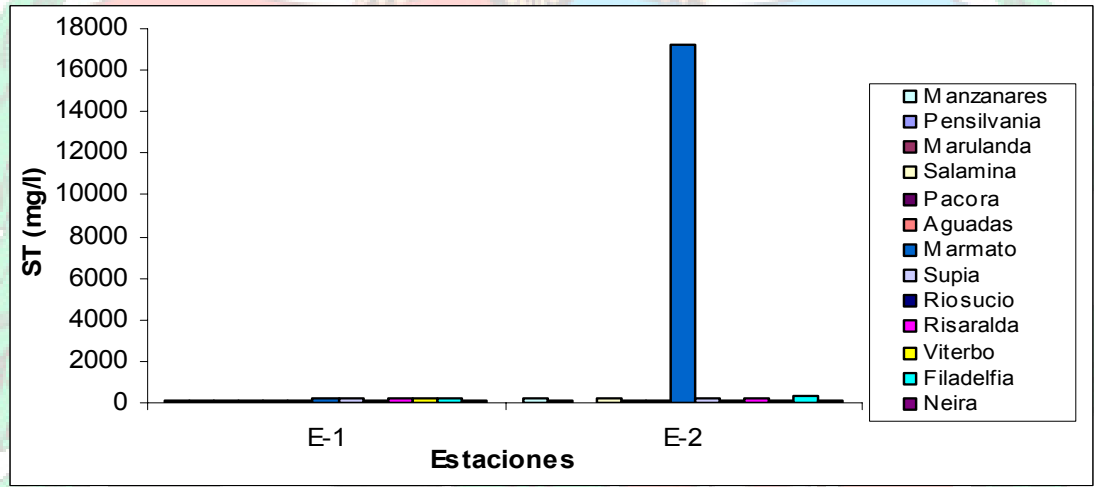


Grafica 14. Sólidos Suspendedos Totales para municipios con más de dos estaciones de muestreo

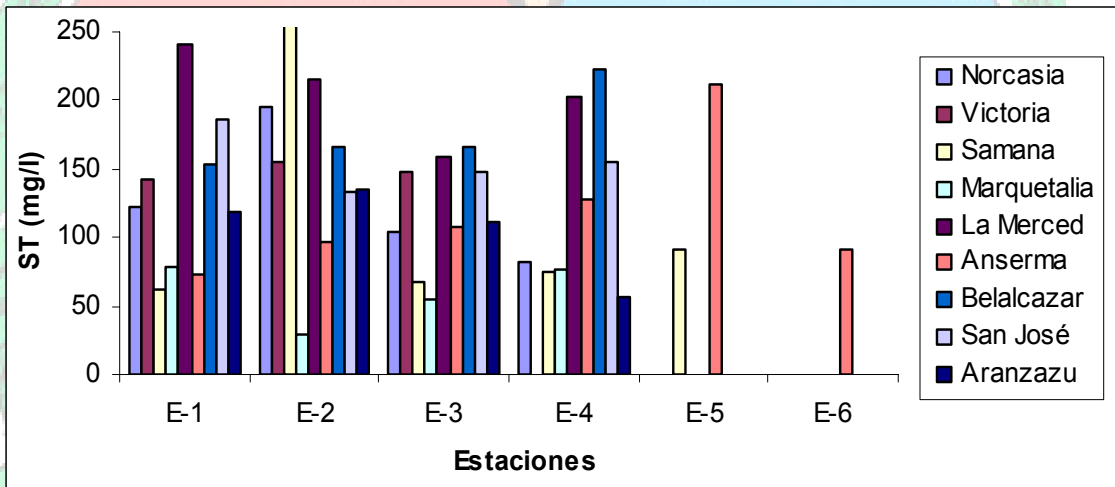
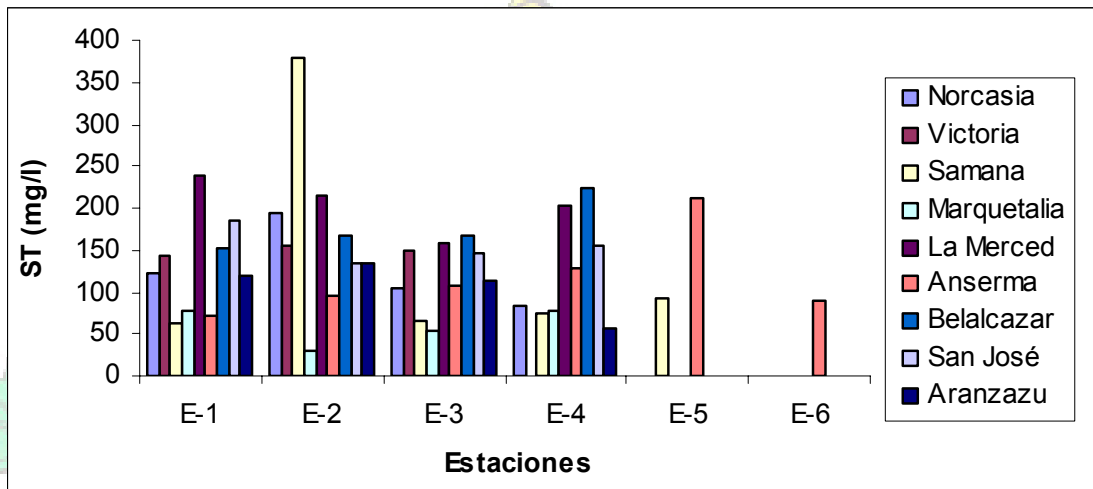




Grafica 15. Sólidos Totales para municipios con dos estaciones de muestreo



Grafica 16. Sólidos Totales para municipios con más de dos estaciones de muestreo



4.1.7 Fósforo Total

El fósforo es importante en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido al nocivo crecimiento incontrolado de algas en aguas superficiales, se han realizado grandes esfuerzos para controlar la cantidad de compuestos del fósforo proveniente de descargas de agua residual doméstica, industrial y de escorrentía natural. Las aguas residuales municipales pueden contener entre 4 y 12 mg/L de fósforo expresado como P.

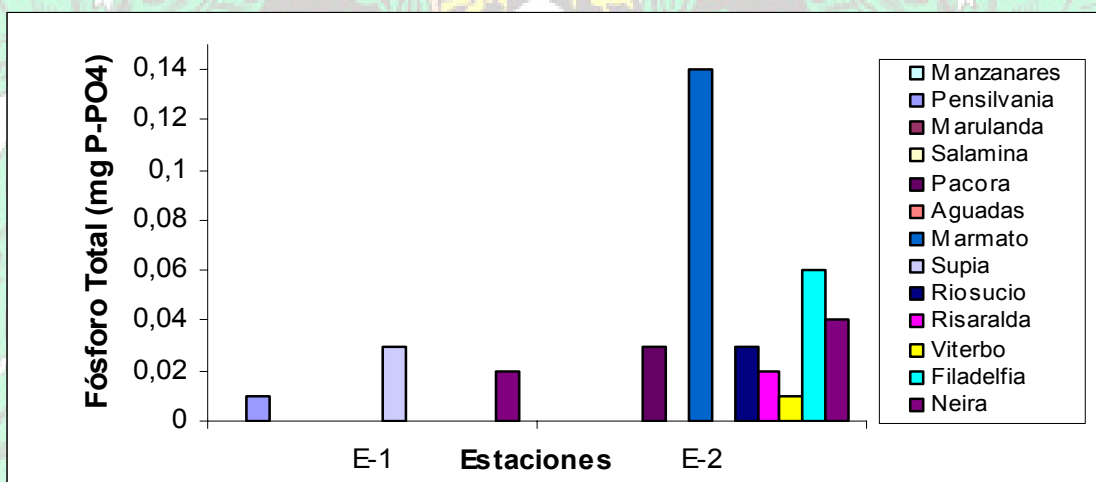
Ninguno de los municipios incumple con el rango establecido para vertimiento de agua residual de los municipios ni con el valor esperado de fósforo por habitante.



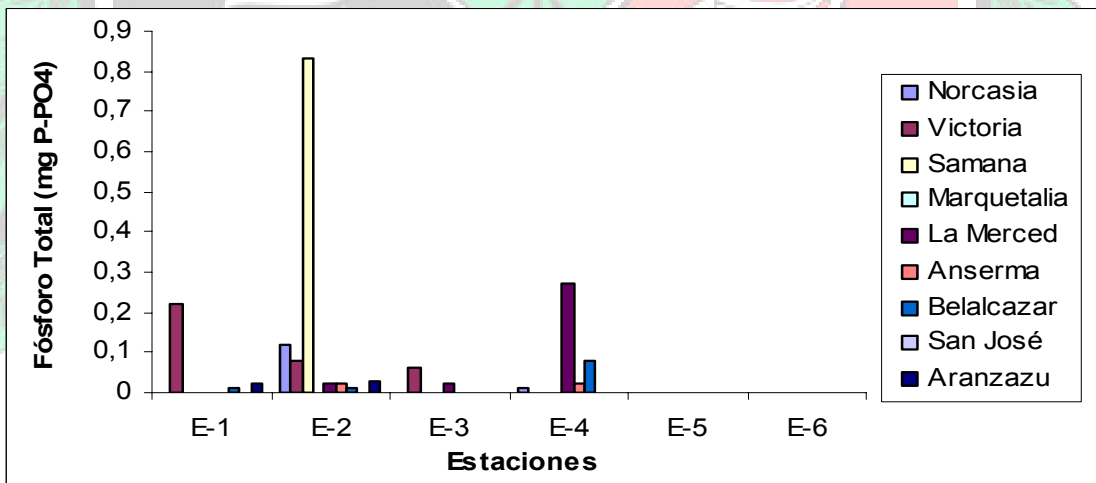
Según el artículo 8 del decreto 475 de 1998 criterios de calidad química para características con implicaciones de tipo económico o acción indirecta sobre la salud los niveles de fósforo no deben ser superiores a 0.2 mg/L. En algunos municipios se aprecian valores que podrían afectar la salud humana como son Samaná en la quebrada San Agustín con valores de 0.83 mg/L y en La Merced en la quebrada Tambor con un valor de 0.27 mg/L. Según lo observado en las graficas de variación del fósforo total los vertimientos no afectan de forma representativa este parámetro ya que se mantiene casi estable entre un punto y otro.

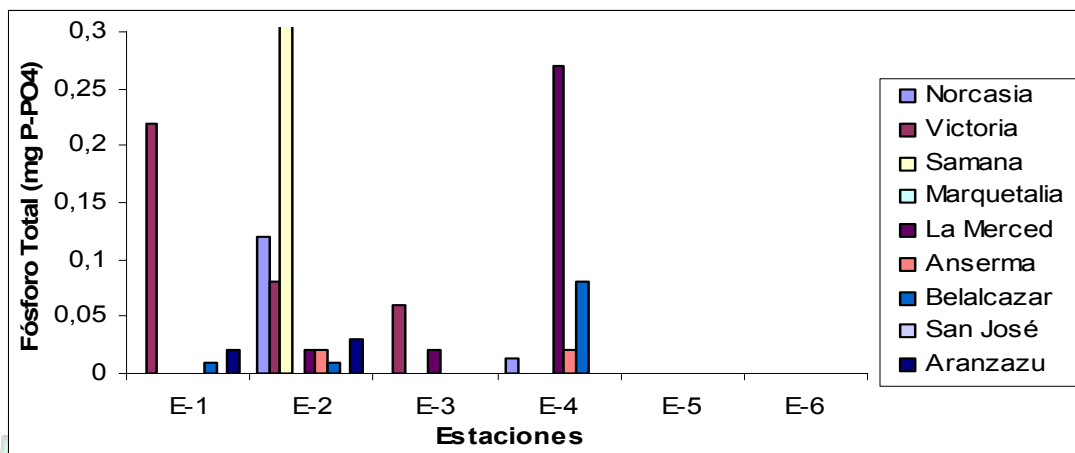
A continuación se presentan las graficas de variación de Fósforo Total que se tuvieron en cuenta para el anterior análisis.

Grafica 17. Fósforo Total para municipios con dos estaciones de muestreo



Grafica 18. Fósforo Total para municipios con más de dos estaciones de muestreo





4.1.8 Nitrógeno Total

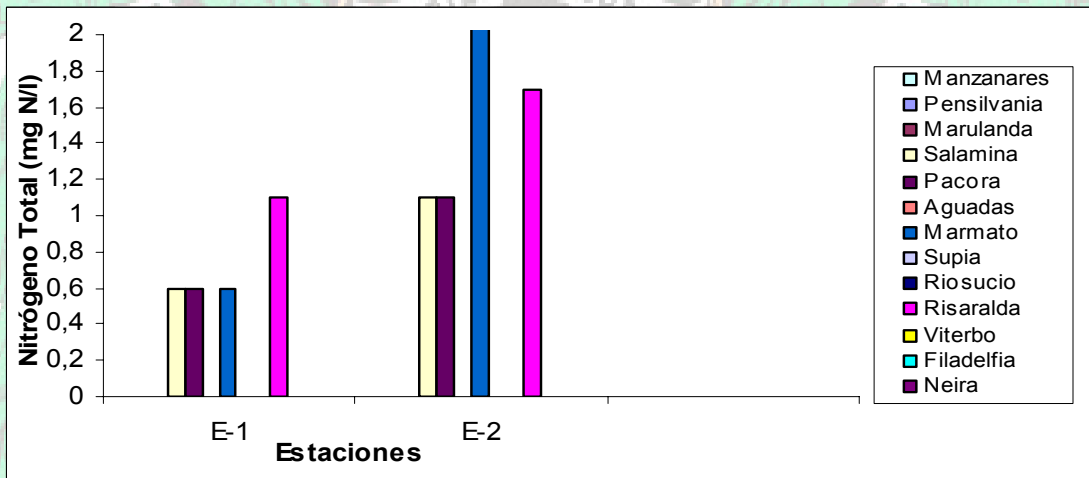
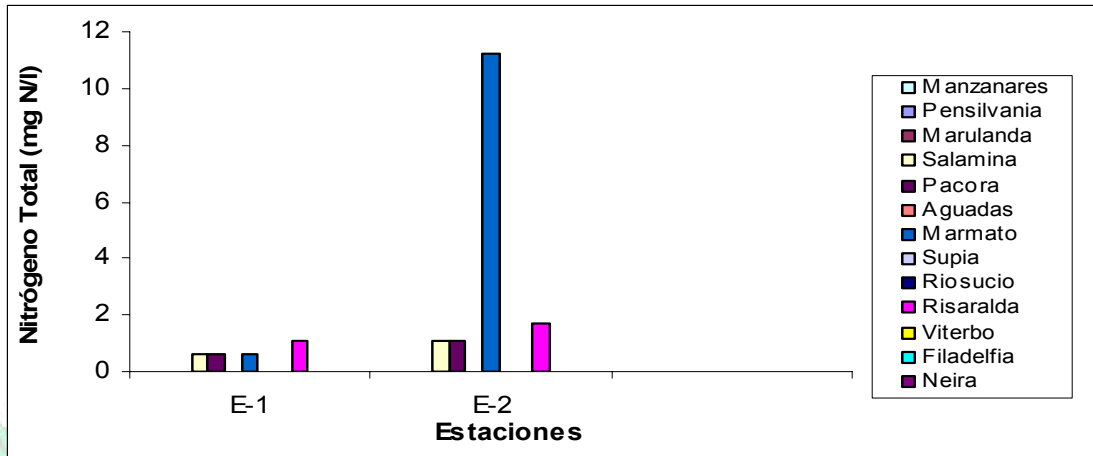
Dado que el nitrógeno al igual que el fósforo son esenciales para el crecimiento biológico, reciben el nombre de nutrientes los cuales son de gran importancia. Debido a que el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas, se necesita conocer datos sobre la presencia de este nutriente a la hora de evaluar la tratabilidad del agua residual mediante procesos biológicos. En caso en que las concentraciones de nitrógeno sean insuficientes será necesario adicionarlo para que el agua residual sea tratable.

Debido a las normas que ha fijado la EPA, la concentración de nitratos en aguas para consumo no debe superar el valor límite de 45 mg/L como NO_3 (10 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$) dada sus graves y, ocasionalmente, fatales consecuencias sobre la población infantil, al unirse a la hemoglobina ocasionando una reducción en la transferencia de oxígeno a nivel celular que se manifiesta en el color azulado de la piel, condición denominada síndrome del bebe azul o metahemoglobinemia. La concentración de nitratos en aguas residuales tratadas puede variar de 2 a 30 mg/L N, dependiendo del grado de nitrificación y desnitrificación del tratamiento.

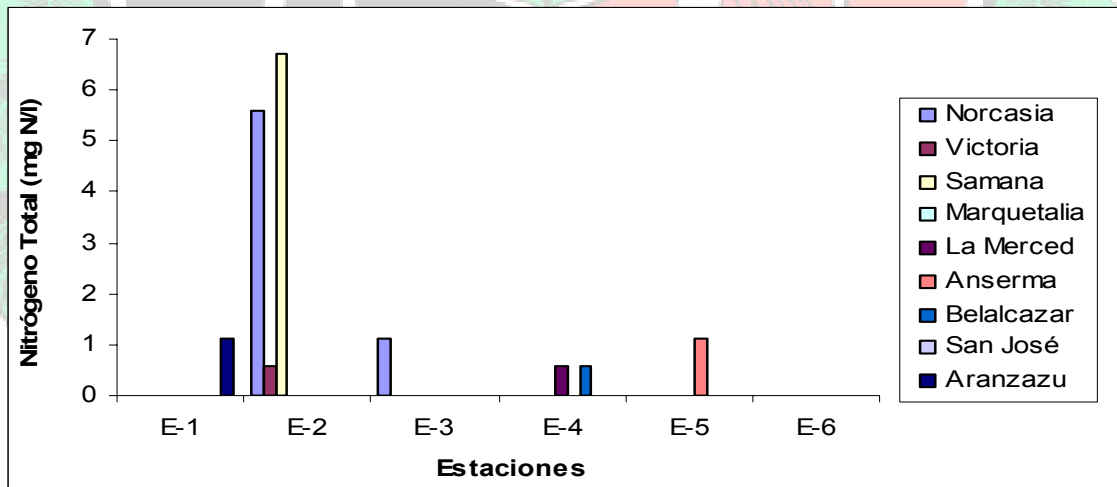
De las graficas de nitrógeno total se observa que en la mayoría de los puntos no se detectó presencia de nitrógeno lo cual cumple con los valores esperados y con los recomendados por la EPA, exceptuando Marmato el cual registra un valor de 11.2 mg/L de nitrógeno total lo cual puede ser indicio de un vertimiento de agua residual domestica.

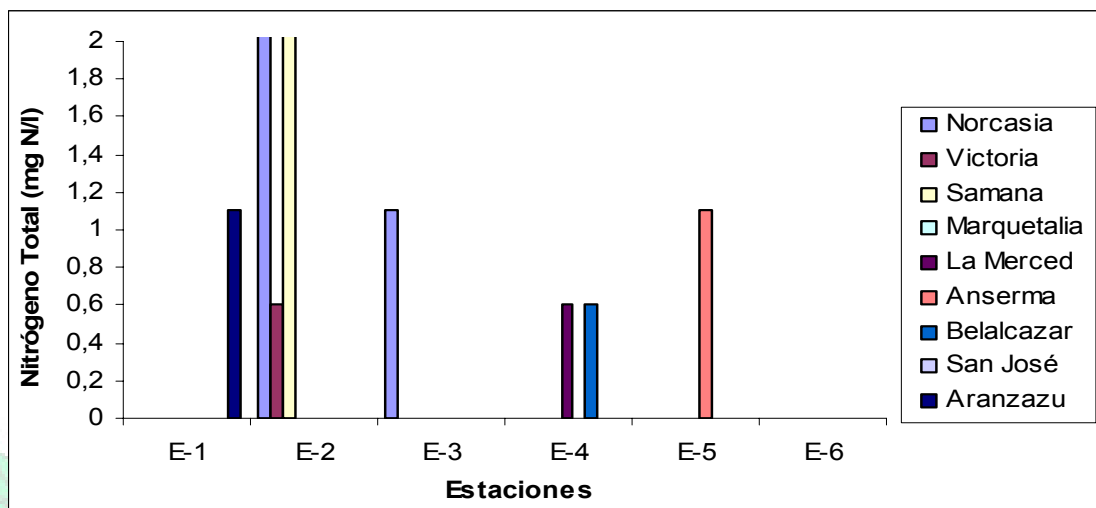
A continuación se presentan las graficas de variación de Nitrógeno Total que se tuvieron en cuenta para el anterior análisis.

Grafica 19. Nitrógeno Total para municipios con dos estaciones de muestreo



Grafica 20. Nitrógeno Total para municipios con más de dos estaciones de muestreo





4.1.9 Coliformes Totales y Fecales

Los coliformes son bacterias que habitan en el intestino de los mamíferos y también se presentan como saprofitos en el ambiente, excepto la *Escherichia*, que tiene origen intestinal. Los coliformes tienen todas las características requeridas para ser un buen indicador de contaminación.

Los coliformes totales se caracterizan por su capacidad de fermentar la lactosa a 35-37 °C en 24-48 horas y producir ácido y gas. La reacción se detecta por medio de la técnica de filtración con membrana. Los coliformes totales se reproducen en el ambiente, proporcionan información sobre el proceso de tratamiento y acerca de la calidad sanitaria del agua que ingresa al sistema y de la que circula en el sistema de distribución. No constituyen un indicador de contaminación fecal.

Se sabe que la contaminación fecal del agua está relacionada con la transmisión de agentes patógenos por el agua. Los coliformes fecales generalmente no se multiplican en los ambientes acuáticos.

Los coliformes Fecales crecen a una temperatura de incubación de 44,5 °C. Esta temperatura inhibe el crecimiento de los coliformes no tolerantes.

La calidad bacteriológica del agua, relacionada con los niveles de contaminación fecal, es una de las variables que se tienen en cuenta para la selección de la fuente.

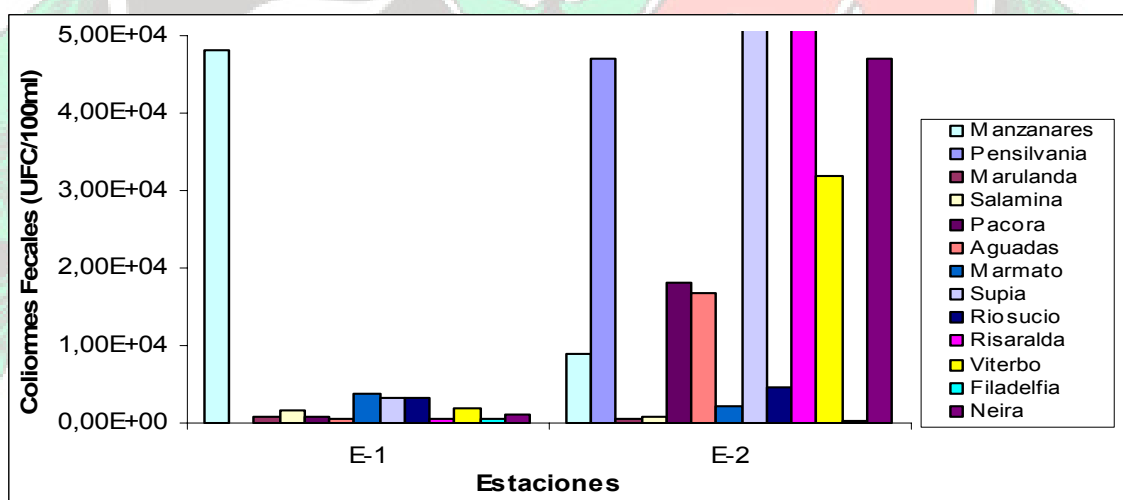
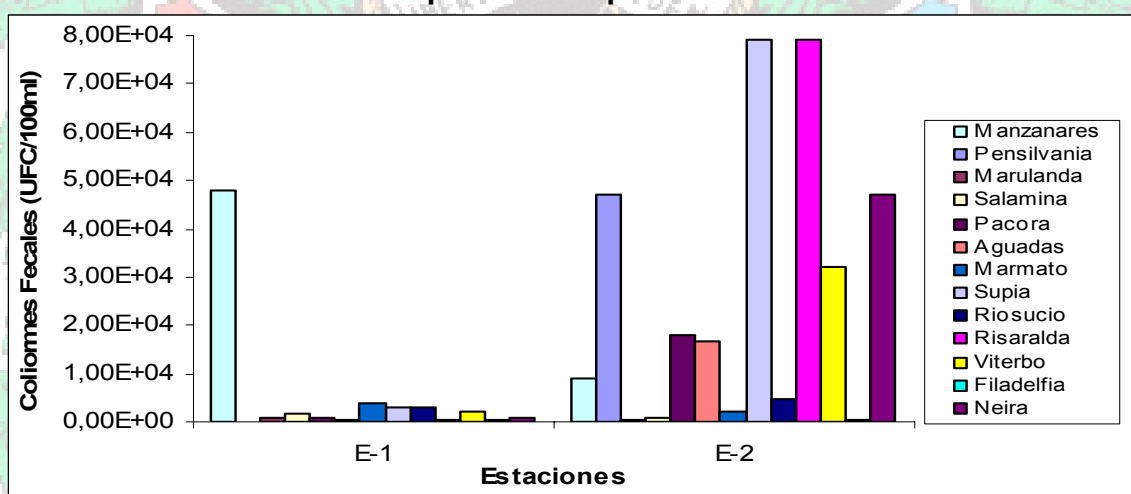
Si el agua de los puntos antes de las descargas de los municipios se deseara para el consumo humano ninguno sería apto ya que para no ocasionar perjuicios a la salud debe haber ausencia de coliformes y en todos hay presencia de estos. El municipio que registro un mayor valor de coliformes totales es Viterbo en el río Risaralda con $9.7E+04$ UFC/100mL y el municipio que registro un mayor valor de coliformes fecales es Manzanares en río Santo Domingo con $4.8E+04$ UFC/100mL.

La presencia de coliformes fecales en los puntos después de los descoles es mayor que la de los puntos antes de pasar por el municipio, indicando un efecto negativo de los vertimientos en las cuencas. Puesto que se sabe que los vertimientos en su mayoría son de origen domestico. En algunos municipios como en Salamina, Marulanda, Marmato y Riosucio no hay una variación apreciable de la concentración de los coliformes antes y después del vertimiento.

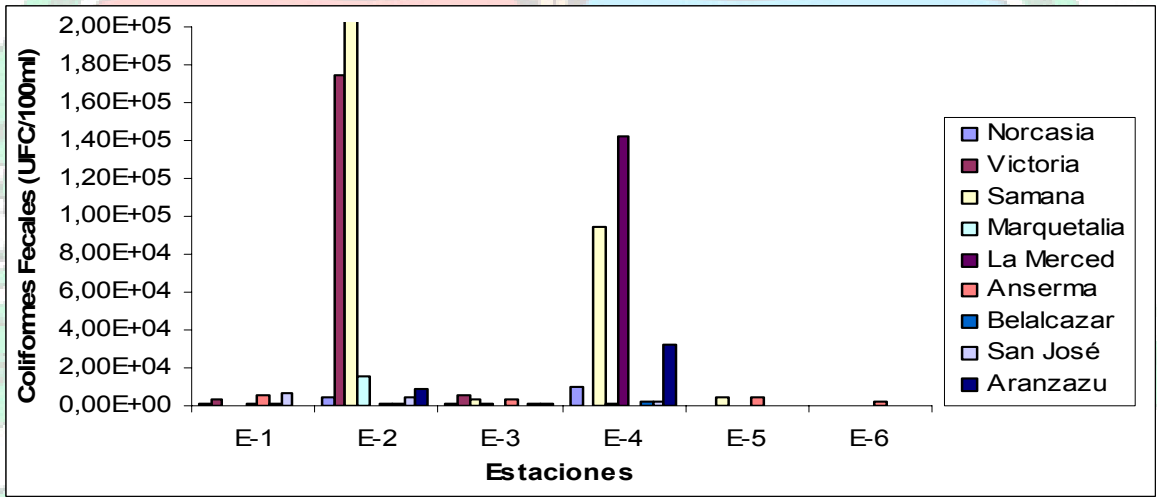
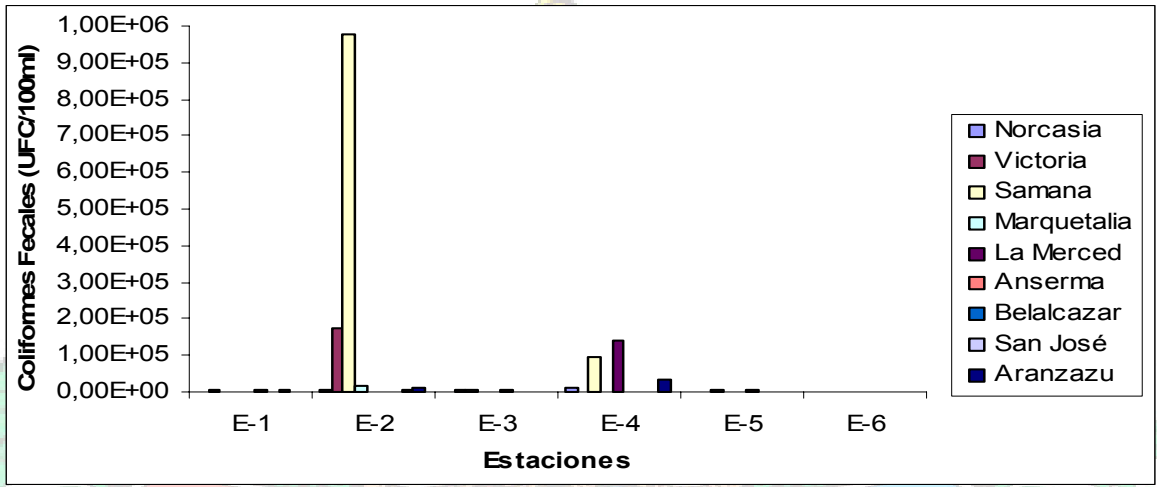
En cuanto a los coliformes totales no se observa una variación tan marcada como en los coliformes fecales y los cambios más notables se presentan en municipios como Viterbo, Manzanares, Pensilvania, Supía, Risaralda y Neira.

A continuación se presentan las graficas de variación de Coliformes Totales y Fecales que se tuvieron en cuenta para el anterior análisis.

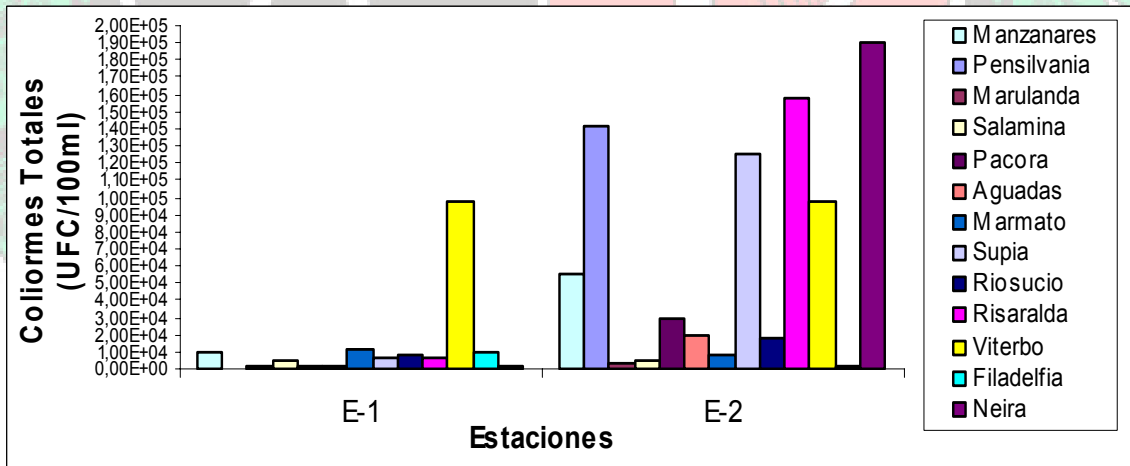
Grafica 21. Coliformes Fecales para municipios con dos estaciones de muestreo

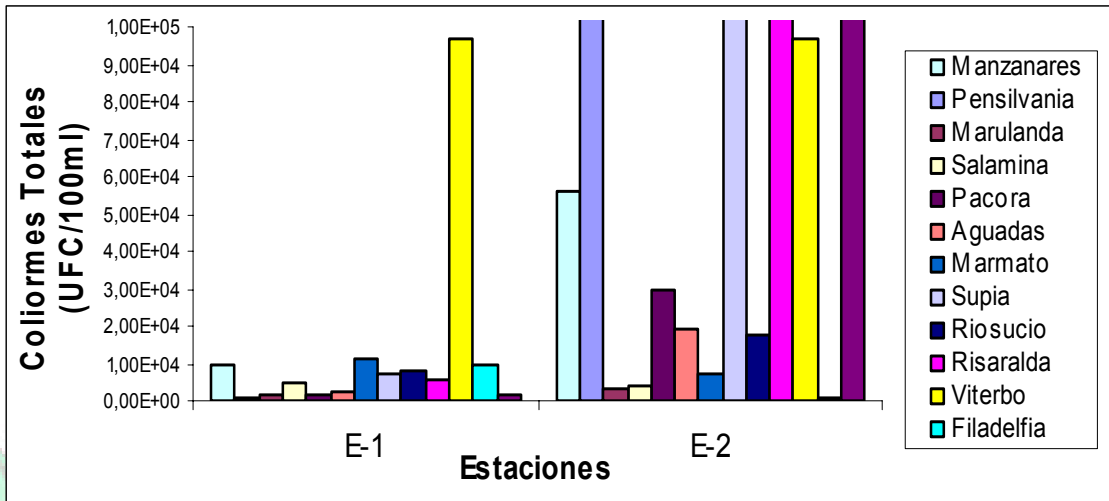


Grafica 22. Coliformes Fecales para municipios con más de dos estaciones de muestreo

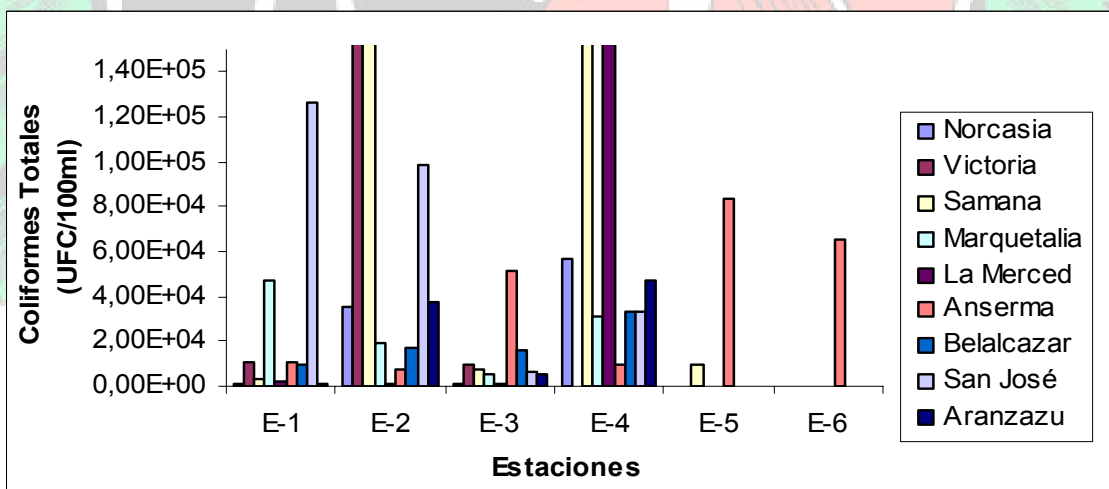
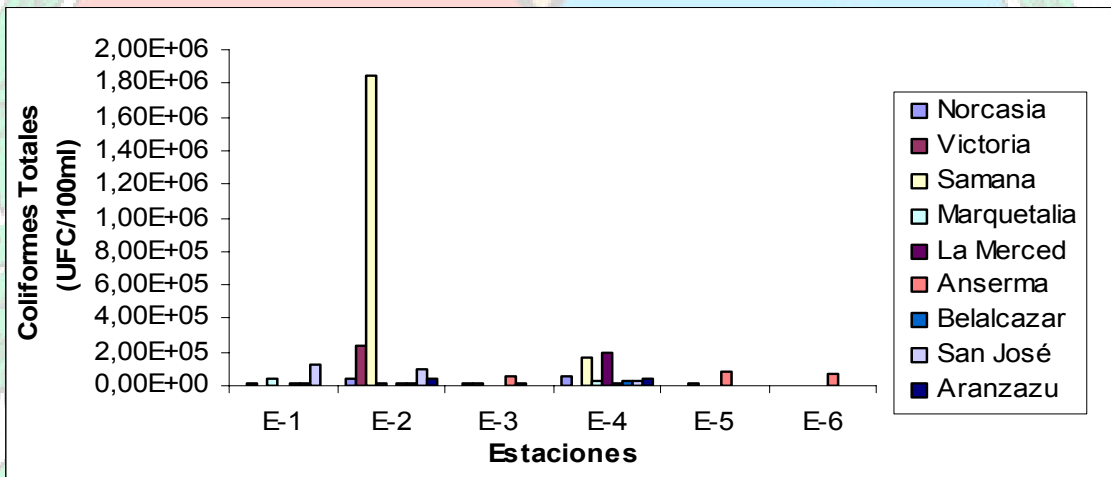


Grafica 23. Coliformes Totales para municipios con dos estaciones de muestreo





Grafica 24. Coliformes Totales para municipios con más de dos estaciones de muestreo



5. MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Conocida la problemática ambiental en el Departamento se presenta los procesos más comúnmente utilizados en el tratamiento de aguas residuales y que son factibles de implementar de acuerdo a factores como clima, topografía y costos en cada región con miras a un eficaz control y preservación del recurso hídrico.

Las aguas residuales domésticas e industriales pueden disponerse de diferentes maneras: en el mar, sobre el suelo, en el subsuelo, pero el método más común de disposición es sobre aguas superficiales, ríos, a través del sistema de alcantarillado. El mantenimiento de la calidad del agua es responsabilidad de una entidad estatal de nivel nacional, departamental o municipal. Dichas entidades establecen y controlan el cumplimiento de estándares de calidad de agua que aseguren el uso benéfico propuesto para el recurso hídrico. En Colombia, el decreto 1594 de 1984 establece los criterios de calidad del agua para sus diferentes usos.

Todos los métodos que se mencionan a continuación pueden ser de gran utilidad para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de los municipios del departamento caldas. Estos, se pueden ver sometidos a ciertas modificaciones dependiendo de las condiciones que me proporciona el municipio como son su clima, topografía, número de habitantes, preservación de zonas naturales de gran importancia, y demás factores que de una u otra manera afectaran la ejecución y posterior funcionamiento de la planta de tratamiento. Uno de los tratamientos que a pesar de ser muy efectivo especialmente para la remoción de coliformes es el de lagunas facultativas pero, que por la ubicación tan inadecuada de la mayoría de estos municipios, sería muy compleja conseguir un lugar apropiado para su construcción, pues las partes planas son muy escasas y debido a la alta humedad de estas regiones el terreno podría ser un poco inestable especialmente en épocas de invierno. Los demás métodos se podrían adaptar a las condiciones y las necesidades que cada municipio necesita. La gran mayoría de los puntos con excepción de Marmato (quebrada aguas claras), se encuentran en condiciones adecuadas por tal razón es conveniente buscar una solución simple.

En Marmato es necesario enfocar los tratamientos que se vayan a realizar a la remoción de sólidos SS y SST ya que los niveles son muy altos, a la remoción de turbiedad, de color, de metales (aunque esta prueba no se realizo en el laboratorio se sospecha la presencia de metales debido a la existencia de minas).). Un proceso valido de tratamiento podría ser el de sedimentación y para proporcionar mayor efectividad disponer los sedimentadores en forma cascada lo que es muy apropiado para las características de esta agua. Claro esta, que al igual que el resto de municipios se podría emplear cualquiera de los métodos de tratamiento.



5.1. Métodos de Pretratamiento

5.1.1. Sedimentación

En el tratamiento de aguas residuales se usa la sedimentación para los siguientes propósitos:

- Sedimentación primaria para remover sólidos sedimentables y material flotante de aguas residuales crudas, reduciendo así el contenido de sólidos suspendidos.
- Sedimentación intermedia para remover los sólidos y crecimiento biológico preformados en reactores biológicos intermedios, como los filtros percoladores de primera etapa.
- Sedimentación secundaria para remover la biomasa y sólidos suspendidos de reactores biológicos secundarios, como los procesos de lodos activados y los filtros percoladores.
- Sedimentadores terciarios para remover sólidos suspendidos y floculados, o precipitados químicamente, en plantas de tratamiento de aguas residuales.

5.1.2. Filtración

La filtración es una operación utilizada para remover sólidos, material no sedimentable, turbiedad, fósforo, DBO, DQO, metales pesados, virus; es decir, para asegurar una calidad superior del efluente secundario. La mayor experiencia en la utilización de la filtración para tratamiento de aguas proviene del diseño y operación de filtros de medio granular para obtención de agua potable. Sin embargo, aunque el diseño, la configuración física y la operación de los filtros tiene los mismos principios básicos en ambas aplicaciones, debe tomarse en cuenta que hay diferencias muy importantes entre la aplicación de la filtración para agua potable y para efluentes de aguas residuales. La filtración se puede usar para depurar efluentes secundarios, sin agregar coagulante; con agregación de coagulantes, antes de la filtración o antes del sedimentador secundario, y para depurar aguas residuales crudas previamente coaguladas, floculadas y sedimentadas, en una planta de tratamiento fisicoquímico. La remoción de los sólidos suspendidos contenidos en el agua residual, dentro del lecho filtrante granular, en todos los casos, es el resultado de un proceso muy complejo que involucra mecanismos de remoción diferentes como el cribado, la interceptación, la absorción y la adsorción, floculación y sedimentación.

5.2. Lagunaje

5.2.1 Lagunas Aireadas

Una laguna aireada es un estanque impermeabilizado hecho para el tratamiento biológico de aguas residuales. En el sistema de tratamiento se usa un equipo de aireación mecánica con el objeto de suministrar oxígeno y mezcla.

Una laguna aireada se diseña como laguna aerobia, con suficiente introducción de potencia, para mantener todos los sólidos en suspensión, o facultativa, o de mezcla incompleta, con un nivel de potencia apenas suficiente para crear la turbulencia requerida para la dispersión de oxígeno y permitir sedimentación de sólidos. Las lagunas aireadas facultativas son las más usadas por que producen un buen efluente, los niveles de potencia son inferiores, requieren control mínimo y la remoción de lodos es poco frecuente, cada diez años o más. Las lagunas aireadas aerobias se utilizan bastante para aguas residuales industriales de concentración alta.

El equipo de aireación puede producir mezcla completa turbulenta como en el caso de los aireadores superficiales, o producir condiciones de flujo laminar como en el caso de los sistemas de aire difuso.

En lagunas aireadas, con temperatura alta y cargas bajas, es posible obtener un grado alto de nitrificación. Un sistema de tratamiento de aguas residuales, con lagunas aireadas, permite obtener remoción de DBO mayores del 90% y remociones de coliformes fecales del 90 al 95%, con periodos de aireación de 2 a 6d.

5.2.2. Fitotratamiento

Las plantas acuáticas tienen una función muy importante porque proveen alimento, estructura, cobertura y albergue para diferentes especies animales terrestres y acuáticas. La vegetación acuática puede mejorar la calidad del agua y servir para estabilizar riberas de ríos y lagos y para mejorar la estética ambiental. Sin embargo el carácter, la cantidad y calidad de la vegetación acuática están asociados con su uso benéfico y con la necesidad de evitar problemas ligados a su crecimiento.

El uso de plantas acuáticas para tratamiento de aguas residuales tiene por objetivo reducir en forma económica la concentración de contaminantes que, de otra manera, requieren tratamiento secundario o terciario. A continuación se describen las plantas más conocidas en el tratamiento de aguas residuales.

5.2.2.1. Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)

El tratamiento de aguas residuales con Jacintos se ha empleado para aguas residuales crudas, así como para efluentes primarios y secundarios; con todo, el método más usado ha sido el de lagunas de estabilización combinadas con lagunas de Jacintos. El tratamiento con Jacintos, en fase activa de crecimiento, permite remover metales pesados, nutrientes, pesticidas y otros contaminantes orgánicos.

Las raíces de los Jacintos soportan una masa activa de microorganismos que descomponen y ayudan en la remoción de contaminantes del agua residual. En lagunas de Jacintos se controla, también, el crecimiento de algas, debido al efecto físico de impedir la penetración de la luz solar y la remoción de nutrientes.

Para asegurar una eficiencia adecuada se debe proveer una profundidad adecuada de penetración de las raíces de la planta que asegure un contacto completo del agua residual con el Jacinto. Una laguna de Jacintos que trate un efluente secundario permite obtener concentraciones de DBO <10 mg/L; SS < 10 mg/L; NTK < 5 mg/L y P < 5 mg/L.

Para mantener el Jacinto en fase activa de crecimiento es necesario cosechar la planta frecuentemente. Además, si existe acumulación de lodo la laguna debe drenarse y limpiarse a menudo. La frecuencia de limpieza y de cosecha de Jacintos depende de las características del afluente y de la tasa de crecimiento de la planta.

En la siguiente tabla se incluyen criterios de diseño para sistemas de tratamiento de aguas residuales con Jacintos.

Tabla 11. Criterios de diseño para sistemas de tratamiento de aguas residuales con Jacinto de agua.

| Criterios | Valor | Calidad esperada del efluente |
|----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | Aguas Residuales Crudas | |
| Tiempo de retención | > 50 d | DBO ₅ ≤ 30 mg/L |
| Carga hidráulica | 200 m ³ /ha.d | SS ≤ 30 mg/L |
| Profundidad | ≤ 1.5 m | |
| Área de la laguna | 0.4 ha | |
| Carga orgánica | ≤ 30 Kg DBO/ha.d | |
| Longitud/Ancho | > 3/1 | |
| Temperatura del agua | >10 °C | |
| Número de lagunas | ≥ 2 | |
| Control de mosquitos | Esencial | |
| | Efluente Secundario | |
| Tiempo de retención | > 6 d | SS ≤ 10 mg/L |
| Carga hidráulica | 800 m ³ /ha.d | DBO ≤ 10 mg/L |
| Profundidad | < 0.9 m | P ≤ 5 mg/L |
| Área de la laguna | 0.4 ha | N ≤ 5 mg/L |
| Carga orgánica | ≤ 50 Kg DBO/ha.d | |
| Longitud/Ancho | > 3/1 | |
| Temperatura del agua | >20 °C | |
| Número de lagunas | > 2 | |
| Carga de nitrógeno | ≤ 15 Kg NTK/ha.d | |
| Control de mosquitos | Esencial | |

Tomada de Tratamiento de aguas residuales de Jairo Alberto Romero Rojas. Pagina 891.

Las lagunas de Jacintos pueden tener una configuración especial y estar dotadas de una estructura que impida el escape de los Jacintos. En general, estas lagunas se drenan y limpian anualmente, por lo cual se deben proveer mínimo 2 unidades. El Jacinto seco y los lodos se pueden remover con un cargador frontal.

El jacinto de agua, también conocido como taruya, lirio de agua, batata, oreja de mula, etc. Es una planta acuática, perenne, bascular, flotante, de clima calido y frío. Su habilidad de crecimiento y adaptación le permite sobrevivir y extenderse en muchos sitios. Puede duplicar su tamaño en diez días, y durante la estación normal de 8 meses de crecimiento una sola planta es capaz de producir 70000 plantas hijas. Gracias a su extenso sistema de raíces tiene excelente poder de filtración y capacidad de absorber impurezas y contaminantes como el níquel, cadmio, plomo, mercurio, cromo, plata,

cobre, fenoles y otros. Resiste a los insectos y a las enfermedades, generalmente crece a temperaturas de agua mayores de 10 °C. En aguas residuales, con cosechamiento de jacinto, las raíces pueden extenderse 10 cm por debajo del rizoma central. Si no hay cosechamiento, las raíces crecen y pueden penetrar el suelo del fondo en humedales sin recubrimiento. La flor del jacinto puede producir semillas, pero el método principal de reproducción se hace mediante los rizomas subacuáticos.

5.2.2.2. Lenteja de agua (*Lemna sp.*, *Spirodela sp.*, *Wolffia sp.*, *Wolffiella sp.*)

La lenteja de agua puede crecer 2 veces más rápido que otras plantas vasculares, tolera temperaturas hasta de 7 °C y por su gran poder nutritivo podría usarse como alimento para el ganado. A causa de su reducido tamaño, la actividad biológica en una laguna de lenteja de agua se debe principalmente a la flora y fauna suspendida en el agua, como en cualquier sistema de laguna. La formación de la capa de lentejas de agua sobre el espejo de agua de la laguna permite controlar el crecimiento algal al incrementar su mortalidad y deposición por falta de luz. También es posible remover nutrientes si se cosecha el cultivo de lenteja de agua frecuentemente. Para asegurar la mortalidad y sedimentación de las algas se recomienda un tiempo de retención de 20 días. Se deben usar elementos de contención apropiados para mantener cubierta la laguna con la capa de lenteja de agua.

5.2.2.3. Vellorita o Primavera de agua (*Ludwigia sp.*)

Esta planta acuática extiende sus raíces hasta unos 60 cm por debajo de la superficie del agua y tienen un poder de filtración y de soporte de crecimiento bacterial menor que el del Jacinto de agua.

5.2.2.4. Espadaña (*Typha sp.*)

Las tifáceas son plantas palustres, perennes, de tallos cilíndricos; hojas alternas, lineares, reunidas en la base de cada tallo; tienen flores de espiga y por frutos, drupas con semillas de albumen carnoso como la espadaña. La porción sumergida de los tallos de estas plantas tiene menos capacidad de filtración y de soporte de crecimiento bacterial que las raíces de las plantas flotantes, pero con la ventaja de extenderse a lo largo de la capa de agua.

5.2.2.5. Anea o Enea (*Scirpus sp.*)

Planta de la familia de las tifáceas que crece en sitios pantanosos hasta alcanzar 2 m de altura, con tallos cilíndricos y sin nudos, hojas envainadoras por la base, flores en forma de espiga maciza y bellosa, cuyas hojas se emplean para hacer asientos de sillas. También se le conoce como Espadaña y tiene los mismos atributos para tratamiento de aguas residuales.

5.2.2.6. Cañas

Planta gramíneas de tallo leñoso, hueco, flexible, de 3 a 4 m de altura y hojas anchas ásperas, de crecimiento rápido, vía rizomas; se entienden lateralmente y forman una capa muy densa en un año, con plantas espaciadas cada 0.6 m. las raíces pueden penetrar en grava aproximadamente 0.4 m y la producción se valora en cerca de 40 Mg/ha. De mucho uso para tratamiento acuático en Europa.

5.2.2.7. Hierba mala (*Elodea nuttallii*)

Planta macrófita, conocida como hierba mala de agua, capaz de soportar una biopelícula activa, de remover grandes cantidades de nutrientes del agua residual y de proveer efluentes de buena calidad con tiempos de retención cortos. Su rendimiento en remoción de DBO, N y P es comparable con el Jacinto de agua dulce.

5.2.3. Humedales

Los humedales, naturales o artificiales, son sistemas de tratamiento acuático en los cuales se usan plantas y animales para tratamiento de aguas residuales. Los humedales artificiales son de superficie libre de agua, es decir, con espejo de agua; o de flujo subsuperficial sin espejo de agua. Los humedales artificiales se han utilizado en tratamiento de aguas residuales municipales, para tratamiento secundario y avanzado, en el tratamiento de aguas de irrigación, para tratar lixiviados de rellenos sanitarios, en el tratamiento de residuos de tanques sépticos y para otros propósitos como desarrollar habitats para crecimiento de valor ambiental.

5.2.3.1 Humedales con espejo de agua

El humedal con espejo de agua es un pantano o ciénaga en el que la vegetación emergente esta inundada hasta una profundidad de 10 a 45 cm. La vegetación incluye Juncos, Cañas, Espadaña y Anea algunos humedales artificiales se construyen con revestimientos en material impermeable para impedir la precolación, otros para retención completa de afluente y perdida por precolación y evapotranspiración.

La vegetación con sus tallos, hojas sumergidas y raíces sirve como medio de soporte de crecimiento bacterial, reduce el potencial de crecimiento de algas y oxigena. Para mantener una reacción apropiada se recomiendan cargas de DBO de máximo 112 Kg DBO/ha.d. Un humedal con espejo de agua permite remociones altas de DBO, SST, nitrógeno, metales y patógenos. La remoción aumenta con el tiempo de retención y con la temperatura. La remoción de DBO puede ser del 60 al 80 % y de SST del 50 al 90 %.

A continuación en la siguiente tabla se incluyen algunos factores típicos de diseño.



Tabla 12. Criterios de diseño para humedales con espejo de agua

| Criterio | Valor |
|---|--------------|
| Tiempo de retención para remoción de DBO, d | 2 - 15 |
| Tiempo de retención para remoción de nitrógeno, d | 7 - 14 |
| Carga de DBO, Kg/ha.d | < 112 |
| Carga hidráulica para remoción de nitrógeno, mm/d | 7.5 - 62.5 |
| Profundidad del agua, cm | 10 - 60 |
| Tamaño mínimo en m ² / (m ³ /d) | 5 - 11 |
| Relación longitud/ancho | 2.1 a 4:1 |
| Control de mosquitos | Requerido |
| Intervalo de cosecha, años | 3 - 5 |
| DBO esperada del efluente, mg/L | <20 |
| SST esperado del efluente, mg/L | <20 |
| NT esperado del efluente, mg/L | <10 |
| PT esperado del efluente, mg/L | <5 |

Tomada de Tratamiento de aguas residuales de Jairo Alberto Romero Rojas. Pagina 896.

La remoción de nitrógeno en un humedal se realiza mediante nitrificación y desnitrificación; el consumo de la planta aporta aproximadamente un 10 % de la remoción.

Para mantenimiento adecuado del humedal, promover crecimiento activo y evitar la proliferación de mosquitos se aconseja cosechar periódicamente la vegetación emergente. Sin embargo, para la cosecha se requiere sacar de servicio el humedal, antes y después del trabajo de recolección, durante varias semanas, lo cual es desventajoso. Para la siembra o transplante de la vegetación, se debe proveer el periodo requerido, el cual puede ser hasta de 2 años.

El afluente debe distribuirse uniformemente a lo ancho del extremo de la entrada, mediante compuertas, vertederos o tuberías perforadas de distribución. La unidad de salida debe permitir control de la profundidad del agua en el humedal. Además, el humedal artificial debe estar dotado de drenaje y pendiente de 0.4 a 0.5 % para facilitar su desagüe.

5.2.3.2 Humedales de flujo subsuperficial

En este tipo de humedales el agua fluye por debajo de la superficie de un medio poroso sembrado de plantas emergentes. El medio es comúnmente grava gruesa y arena en espesores de 0.45 a 1 m y con pendiente de 0 a 0.5 %.

En contraste con los humedales del flujo superficial o con espejo de agua, los humedales artificiales de flujo subsuperficial tienen menos requerimiento de área y carecen de problemas de olores y de mosquitos. Como desventaja, sin embargo, se tiene un costo mayor por el medio de grava y riesgo de taponamiento. La vegetación es semejante a la de los humedales con espejo de agua y no se requiere cosechar las plantas. En la siguiente tabla se incluyen las características más importantes para el diseño de humedales de flujo subsuperficial.



Tabla 13. Criterio para humedales de flujo subsuperficial

| Criterio | Valor |
|--|-----------------------------------|
| Tiempo de retención, d | 3 – 4 (DBO) 6 – 10 (N); 4 – 15 |
| Carga hidráulica superficial, m ³ /ha.d | 470 – 1870 |
| Carga orgánica, Kg DBO/ha.d | < 112 |
| Carga de SST, Kg/ha.d | 390 |
| Profundidad del agua, m | 0.3 – 0.6 |
| Profundidad del medio, m | 0.45 – 0.75 |
| Control de mosquitos | No requiere |
| Programa de cosecha | No requiere |
| Calidad esperada del efluente | |
| DBO/SST/NT/PT/, mg/L | < 20/20/10/5 |

Tomada de Tratamiento de aguas residuales de Jairo Alberto Romero Rojas. Pagina 899.

5.3. Otros Reactores Biológicos

5.3.1. Reactor UASB

El reactor o proceso de flujo ascensional y manto de lodos anaerobio (UASB) es un proceso en el cual el agua residual se introduce por el fondo del reactor y fluye a través de un manto de lodos conformado por granos biológicos o partículas de microorganismos.

El tratamiento se efectúa por contacto del agua residual con el lodo granulado o floculento, en el cual se deben desarrollar bacterias con buenas características de sedimentación, bien mezcladas por el gas en circulación. La concentración de SSV en el manto de lodos puede alcanzar los 100 g/L. los gases de la digestión anaerobia se adhieren a los granos o partículas biológicas o causan circulación interna para proveer la formación de mas granos. El gas libre y las partículas con gas adherido se elevan hacia la parte superior del reactor. Las partículas que se elevan chocan con el fondo de las pantallas desgasificadotas para que el gas se libere. Los granos desgasificados caen de nuevo sobre la superficie del manto de lodos y el gas libre se captura en los domos localizados en la parte superior del reactor. La porción liquida fluye al sedimentador donde se separan los sólidos residuales del liquido. Esta recirculación interior de sólidos removidos permite edades de lodos prolongadas y hace innecesaria la recirculación externa de lodos.

En el tratamiento de aguas residuales de baja concentración (DQO < 2000 mg/L), se debe buscar en el diseño del reactor un tiempo de retención de biomasa alto y un contacto eficiente de la biomasa con el agua residual, los cuales dependen de la velocidad ascensional del flujo. Una velocidad alta promueve mayor turbulencia y mejor contacto de la biomasa con el agua residual, pero puede poner en peligro la retención del lodo y producir lavado del reactor.



5.3.2. Reactor de Biodiscos

Los biodiscos son un sistema de tratamiento biológico secundario, para aguas residuales domésticas e industriales biodegradables del tipo de crecimiento adherido o reactor de película fija. Las lamas o películas biológicas crecen sobre discos, en rotación a través del agua residual, montados sobre un eje horizontal. El proceso es muy similar al de filtros percoladores, con la película biológica en rotación dentro de agua residual sedimentada y dentro de la atmósfera para proveer oxígeno a los organismos. El agua residual fluye en sentido paralelo o perpendicular al eje horizontal de rotación, al pasar de una etapa a otra o de un tanque a otro.

5.3.3. Proceso de lodos activados

El proceso de lodos activados, recibe este nombre porque involucra la producción de una masa activa de microorganismos capaces de estabilizar de manera aerobia un desecho.

En el proceso de lodos activados, las aguas residuales tamizadas o tamizadas y sedimentadas se mezclan con cantidades variables (20 a 100 %) del flujo interior del clarificador secundario. La mezcla entra en el tanque de aireación, donde se mezclan los organismos y las aguas residuales con gran cantidad de aire. Bajo estas condiciones, los organismos oxidan una parte del desecho orgánico a dióxido de carbono y agua, para obtener energía, y sintetizar la otra parte en forma de células microbianas nuevas utilizando la energía obtenida de la oxidación. Luego la mezcla entra en el tanque de decantación, donde los microorganismos floculantes se asientan y son removidos de la corriente efluente. Entonces, los microorganismos sedimentados, o el lodo activado, se recirculan hacia el inicio del tanque de aireación para mezclarlo nuevamente con el agua residual. En este proceso se producen de continuo lodos activados nuevos, de cuyo exceso es necesario deshacerse cada día junto con los lodos provenientes de la planta primaria de tratamiento. El efluente proveniente de una planta de lodos activados adecuadamente diseñada y operada es de alta calidad; en general con concentraciones de DBO_5 y SST iguales o menores que 10 mg/L.

Los criterios de comparación de estas alternativas serán los siguientes:

- Costos de inversión
- Área requerida
- Costos de operación y mantenimiento
- Facilidad de operación
- Calidad del efluente
- Confiabilidad

En la siguiente tabla se presentan los parámetros de comparación de cada una de las alternativas consideradas para el tratamiento de las aguas residuales del corregimiento de Guarinocito.

Tabla 14. Comparación de las alternativas de tratamiento.

| Parámetro | Lagunas facultativas | Zanjón de oxidación | filtro biológico | Reactor UASB y lagunas |
|--|----------------------|---------------------|------------------|------------------------|
| Costos de inversión (\$) | 946.089.307 | 895.666.943 | 872.116.357 | 867.782.824 |
| Área requerida (m ²) | 20.000 | 7.500 | 3.380 | 14.400 |
| Costos de operación (\$ /día) | \$37.960 | \$205.490 | \$153.848 | \$38.590 |
| Facilidad de operación | muy sencilla | moderada | moderada | muy sencilla |
| Calidad del efluente (% de remoción de carga orgánica) | 89.0 | 90.0 | 93.0 | 91.0 |
| Confiabilidad del sistema | alta | alta | alta | alta |

Tomada del estudio de factibilidad y diseño para el saneamiento básico de aguas residuales del corregimiento de Guarinocito. EMPOCALDAS S.A.

Haciendo análisis comparativo de las alternativas presentadas en la tabla anterior se obtienen las siguientes conclusiones: Los costos de construcción son relativamente similares para todas las opciones al igual que la calidad de los efluentes y la confiabilidad de los sistemas. En consecuencia los factores decisivos serán la facilidad y los costos de operación y mantenimiento. En este caso las opciones de zanjón de oxidación y filtro biológico tienen costos diarios de operación significativamente más altos.

Entre las opciones restantes se recomienda la alternativa de Reactor UASB con lagunas de oxidación por tener costos de construcción un poco menores y requerir menor área. Otra alternativa de bajo costo que proporciona buena efectividad es el tratamiento con cualquiera de las especies vegetales antes reseñadas.

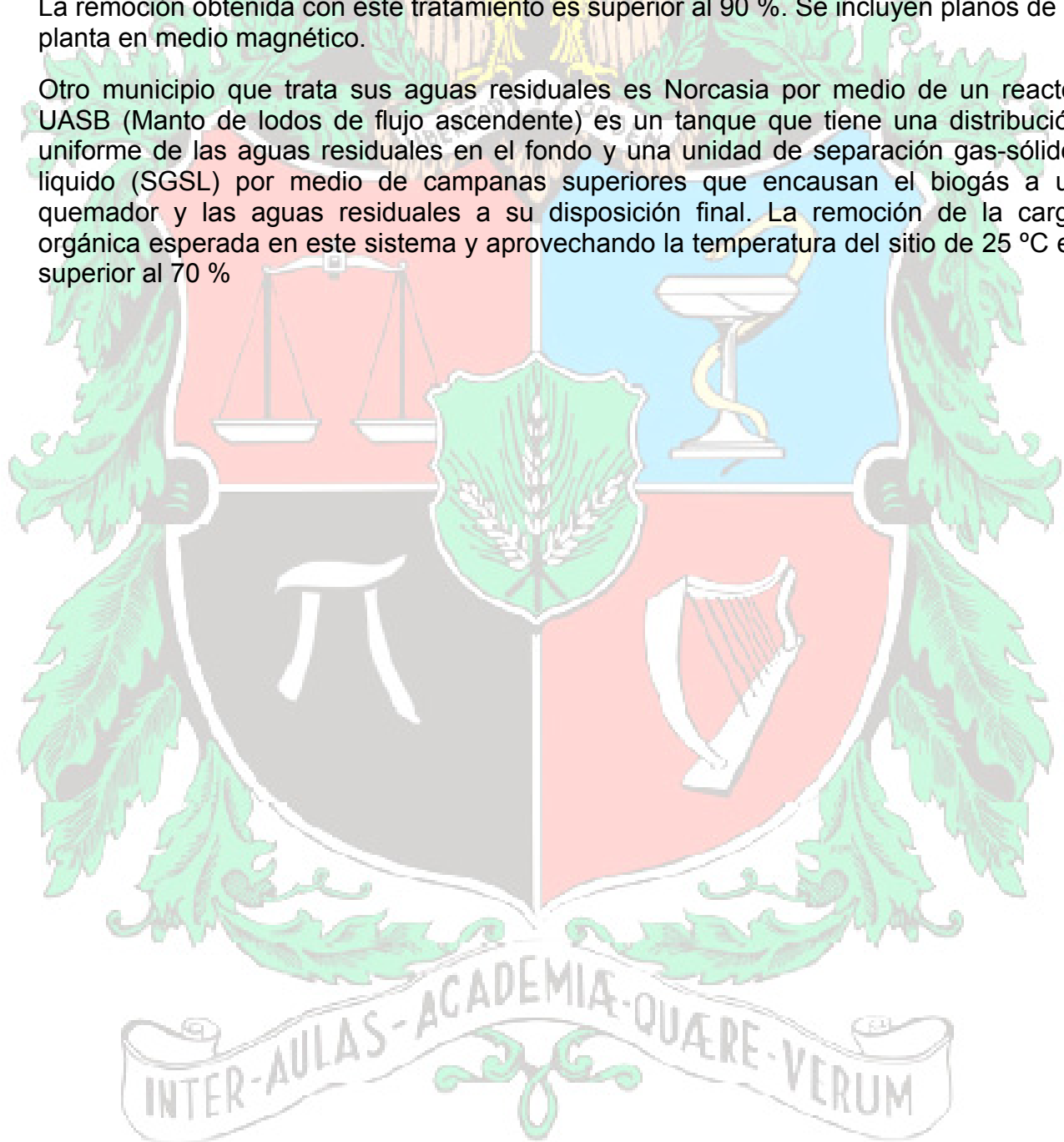
En la actualidad el municipio de Victoria Caldas es el único que cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, debido a que el agua residual de este municipio es vertida a una fuente de agua que posteriormente servirá de abastecimiento de agua potable para el municipio de Dorada; donde el agua residual es sometida a los procesos de cribado (rejilla) desarenador, aforo en canaleta Parshall y llega por gravedad al zanjón de oxidación que corresponde a un sistema de tratamiento de lodos activados (aireación extendida). El aire es introducido al sistema por cuatro aireadores aspiradores. En el aireador el aire es succionado por un orificio superior y posteriormente introducido en la columna de agua con burbujas finas de alta eficiencia en el tratamiento biológico y produciendo con la hélice un flujo paralelo de licor mixto a

través del estanque (enlace de flujos) que aumentan la mezcla y la dispersión asegurando la correcta aireación del sistema.

El agua del zanjón pasa luego al tanque clarificador secundario. En el los lodos son decantados por medio de tolvas a 60 grados y llevados al tanque de distribución de lodos. De allí son retornados al zanjón de aireación por medio de una bomba sumergible para conservar aproximadamente constante el manto de lodos en el sistema. Periódicamente es necesario retirar los lodos de exceso y llevarlos a un espesador y posteriormente a los lechos de secado de arena y grava donde logra un porcentaje de humedad del 60 % y luego pueden ser dispuestos como fertilizantes.

Los líquidos filtrados a través del lecho (lixiviados) son retornados al zanjón de aireación. La remoción obtenida con este tratamiento es superior al 90 %. Se incluyen planos de la planta en medio magnético.

Otro municipio que trata sus aguas residuales es Norcasia por medio de un reactor UASB (Manto de lodos de flujo ascendente) es un tanque que tiene una distribución uniforme de las aguas residuales en el fondo y una unidad de separación gas-sólido-líquido (SGSL) por medio de campanas superiores que encausan el biogás a un quemador y las aguas residuales a su disposición final. La remoción de la carga orgánica esperada en este sistema y aprovechando la temperatura del sitio de 25 °C es superior al 70 %



BIBLIOGRAFIA

- CRITES y TCHOBANOGLIOUS. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Mc Graw-Hill. Mayo 2000
- CORREAL C., Rodrigo. Tratamiento y postratamiento de aguas residuales. Ediciones UniBoyaca 2002.
- GIRALDO G. Gloria Inés. Manual de análisis de aguas.
- LEGISLACIÓN ECONOMICA. Tomo 65 Segundo Semestre de 1984. Bogotá
- LEGISLACIÓN ECONOMICA. Número 1092 Primer Semestre de 1998. Bogotá
- METCALF and EDDY, Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse. Mc Graw-Hill. New York, 1972, 1979, 1991.
- Microcuencas que abastecen acueductos de cabeceras municipales en el departamento de Caldas. EMPOCALDAS S.A. 1999.
- ROMERO R., Jairo A. Tratamiento de aguas residuales. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. 1999.
- SEOANEZ C., Mariano. Aguas residuales urbanas. 2ª edición. Ediciones Mundiprensa. México.1999.
- VARGAS, Lidia de. Tratamiento de Agua para Consumo Humano. Tomo I. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. CEPIS. Lima, 2004.
- www.siridec.gov.com. Visitada en Marzo de 2006.

INTER-AULAS-ACADEMIAE-QUAERE-VERUM

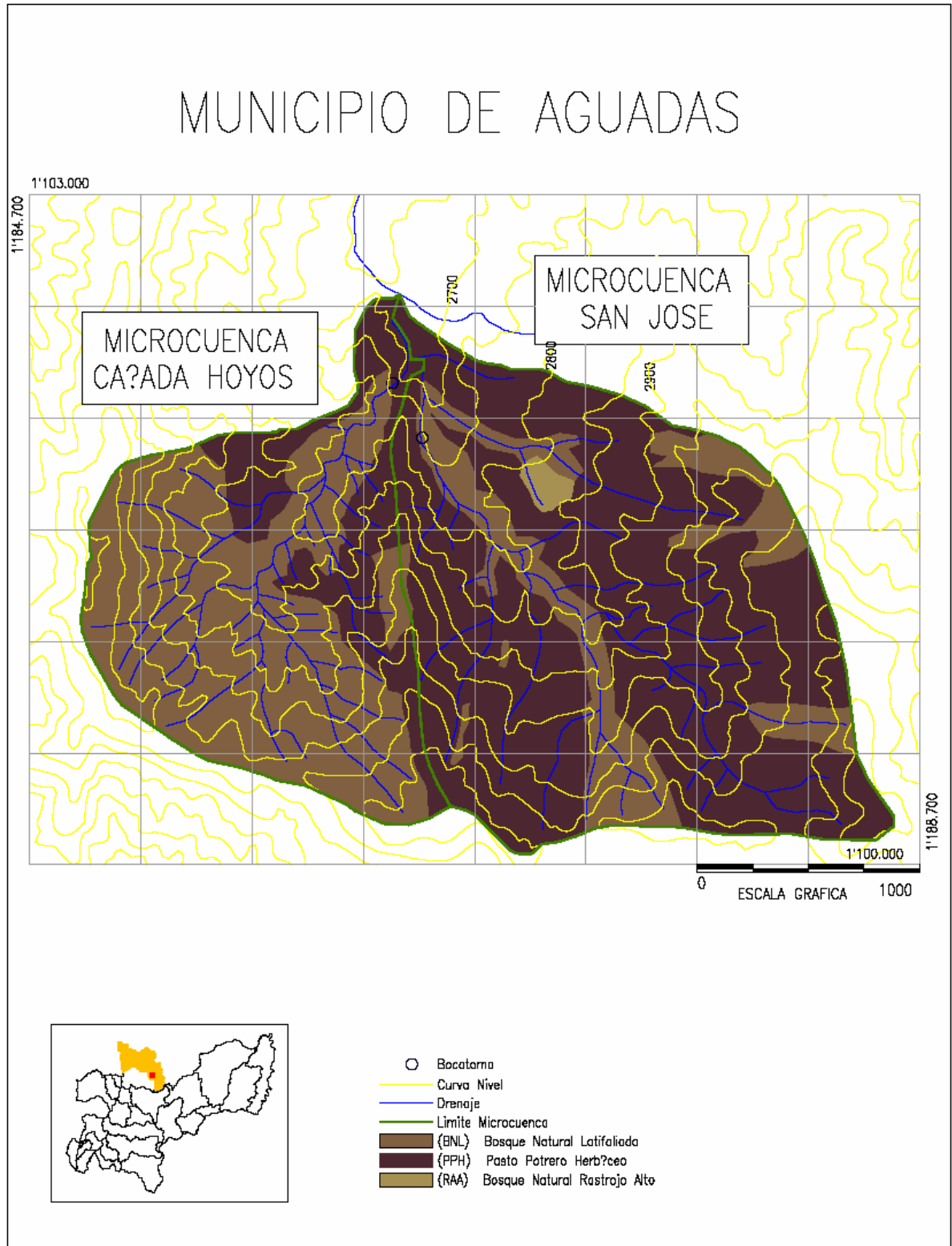
ANEXO 1

A. Mapa del Departamento de Caldas

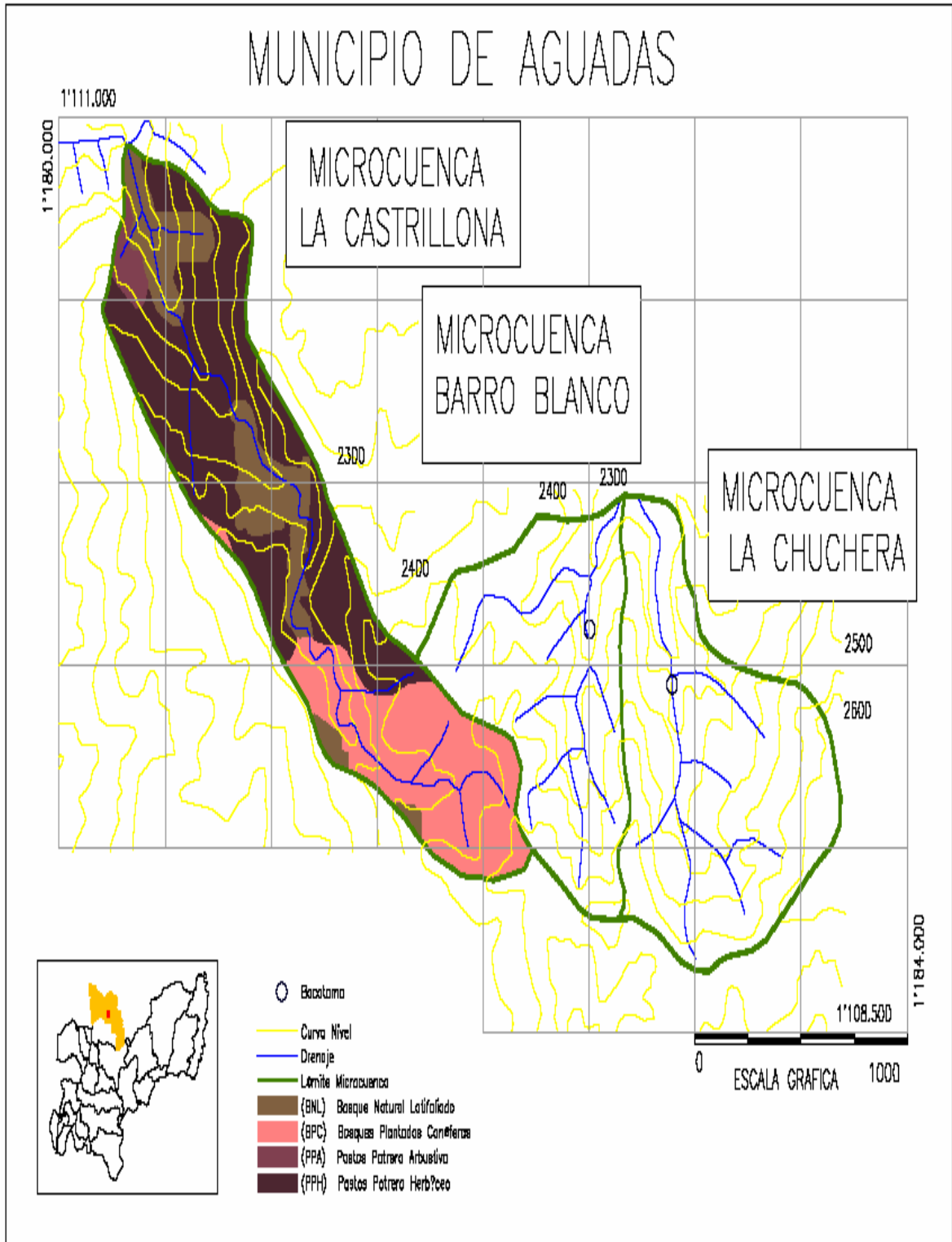


ANEXO 2
MAPAS DE LAS MICROCUENCAS

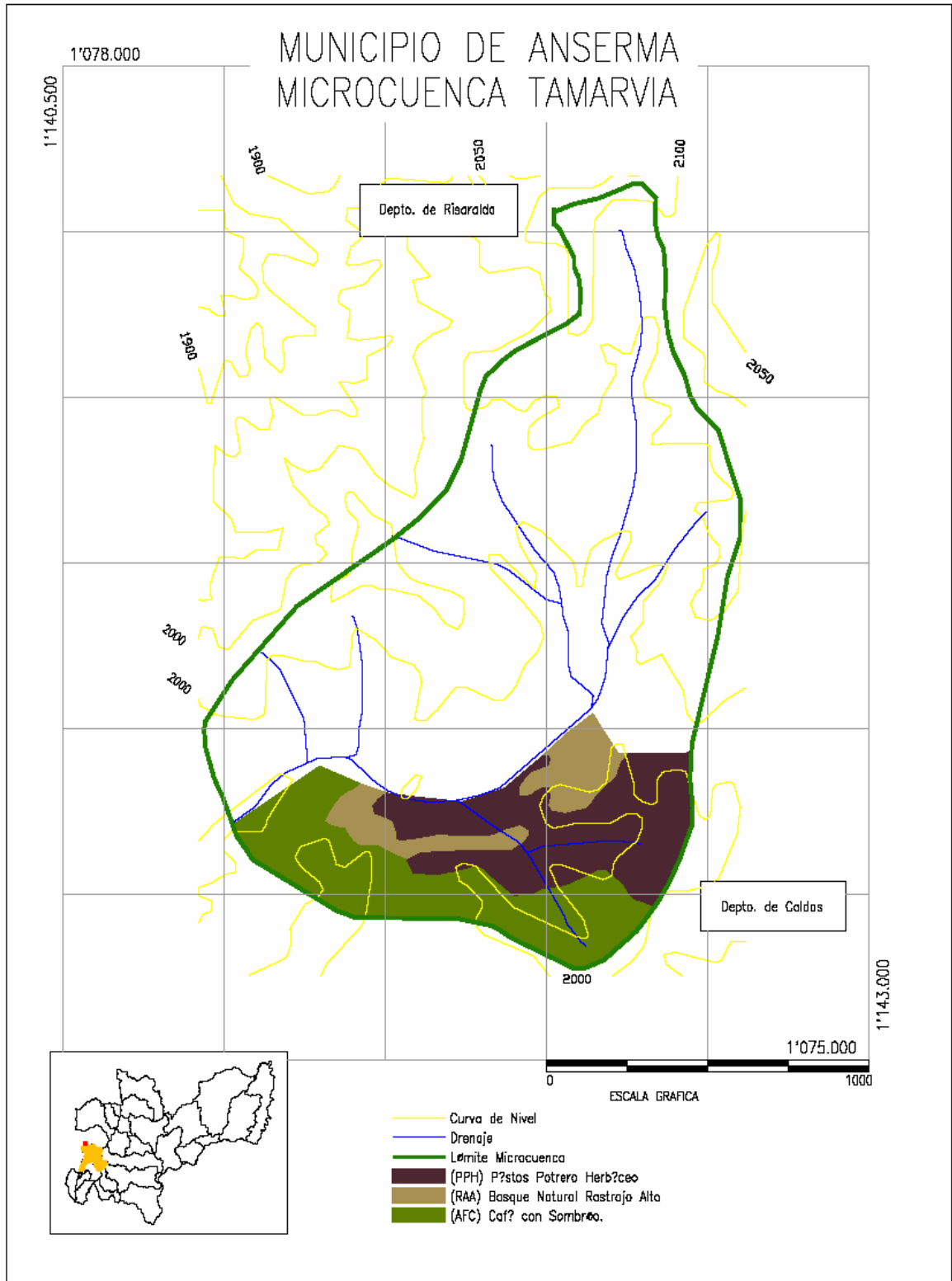
B1. Cañada Hoyos y San José de Aguadas



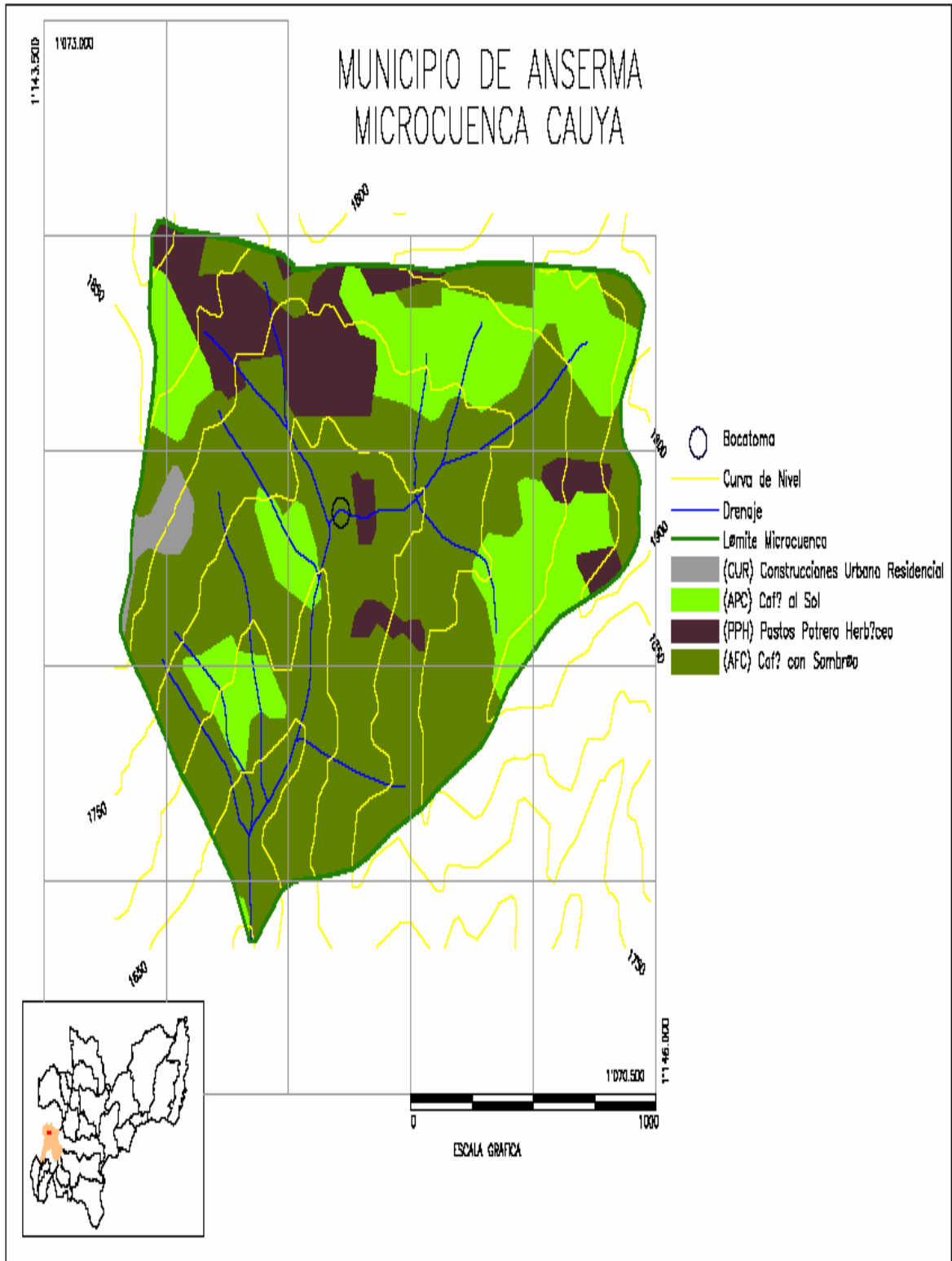
B2. La Castrillona y Barro Blanco de Aguadas



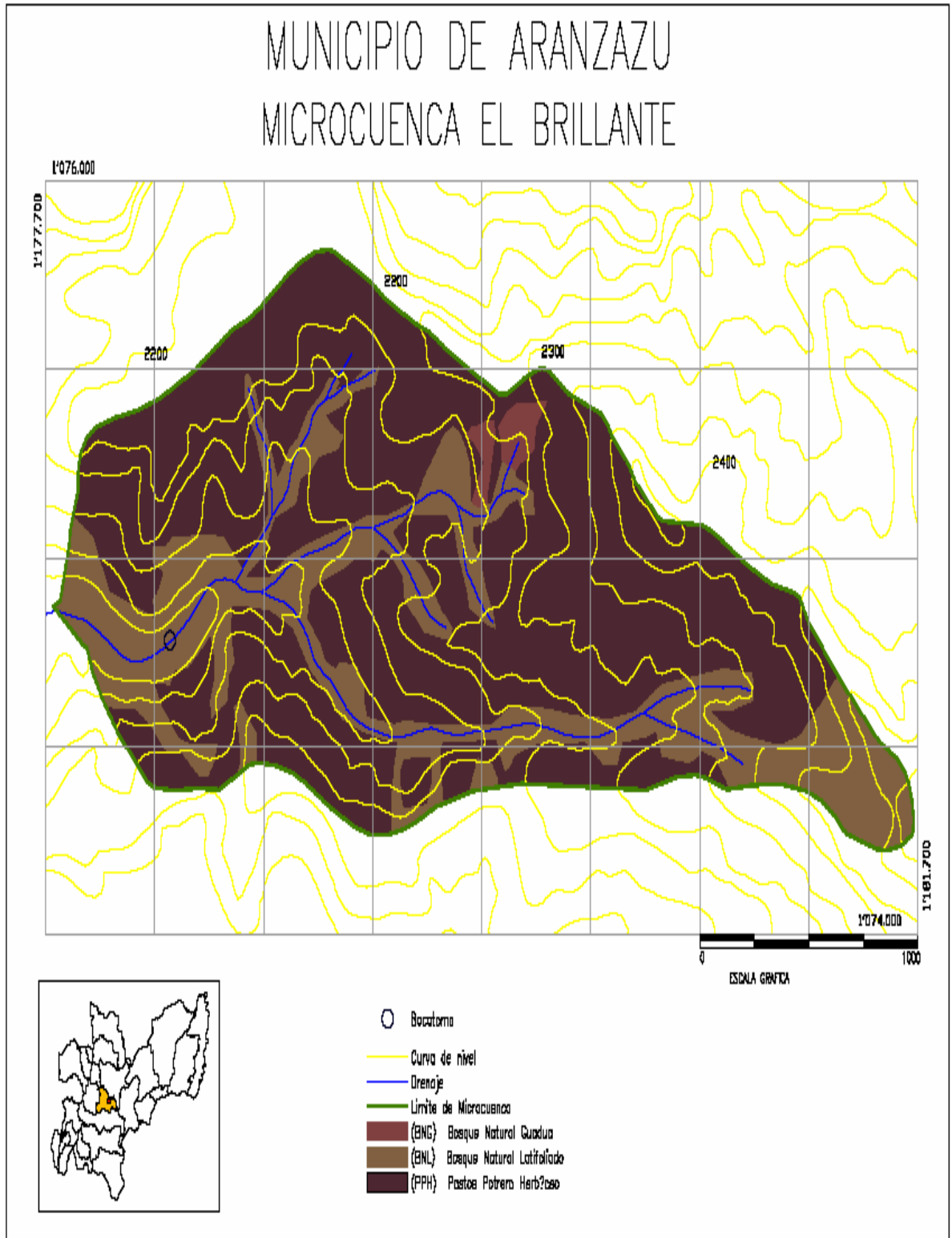
C1. Tamarvia de Anserma



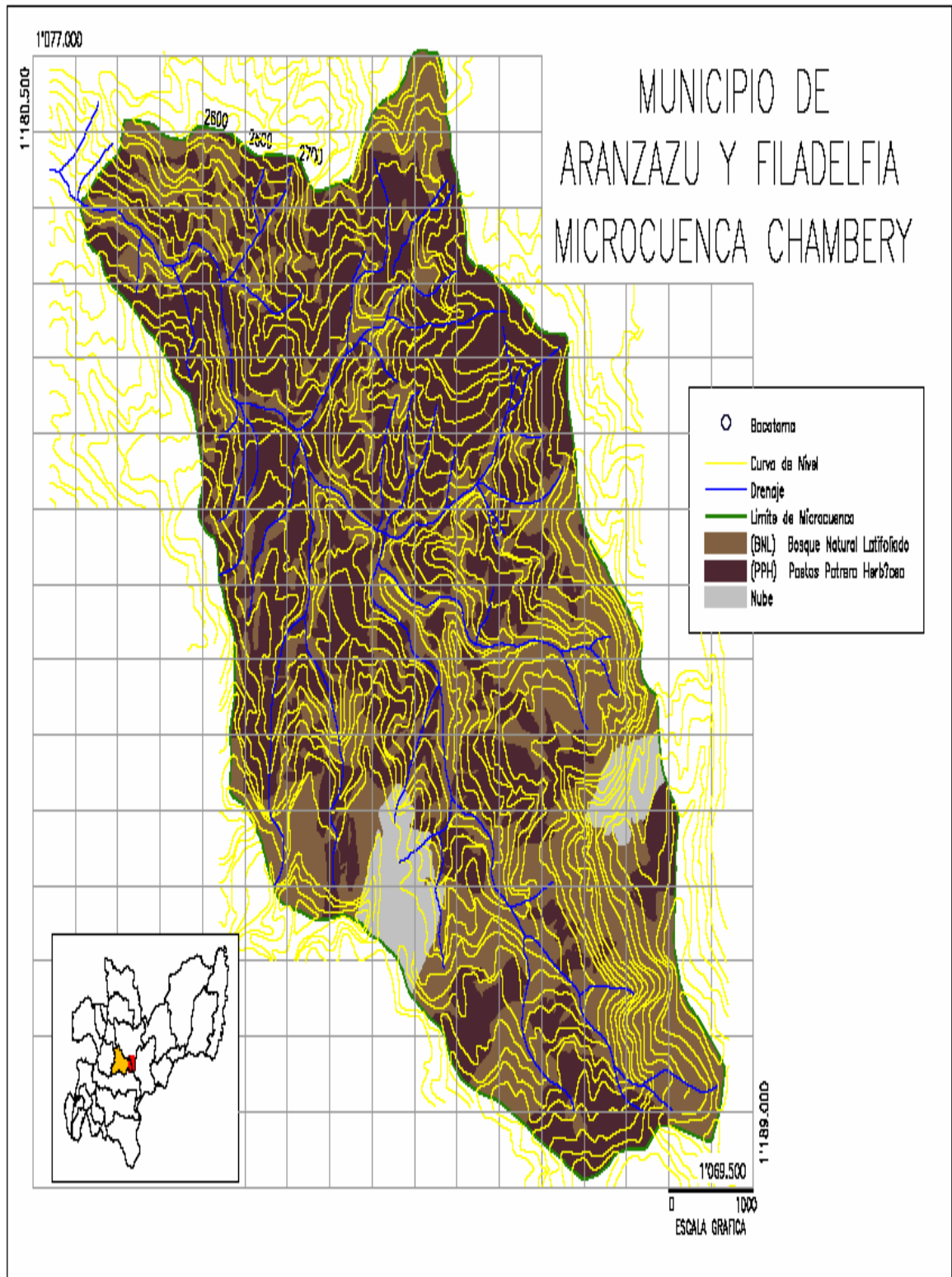
C2. Cauya de Anserma



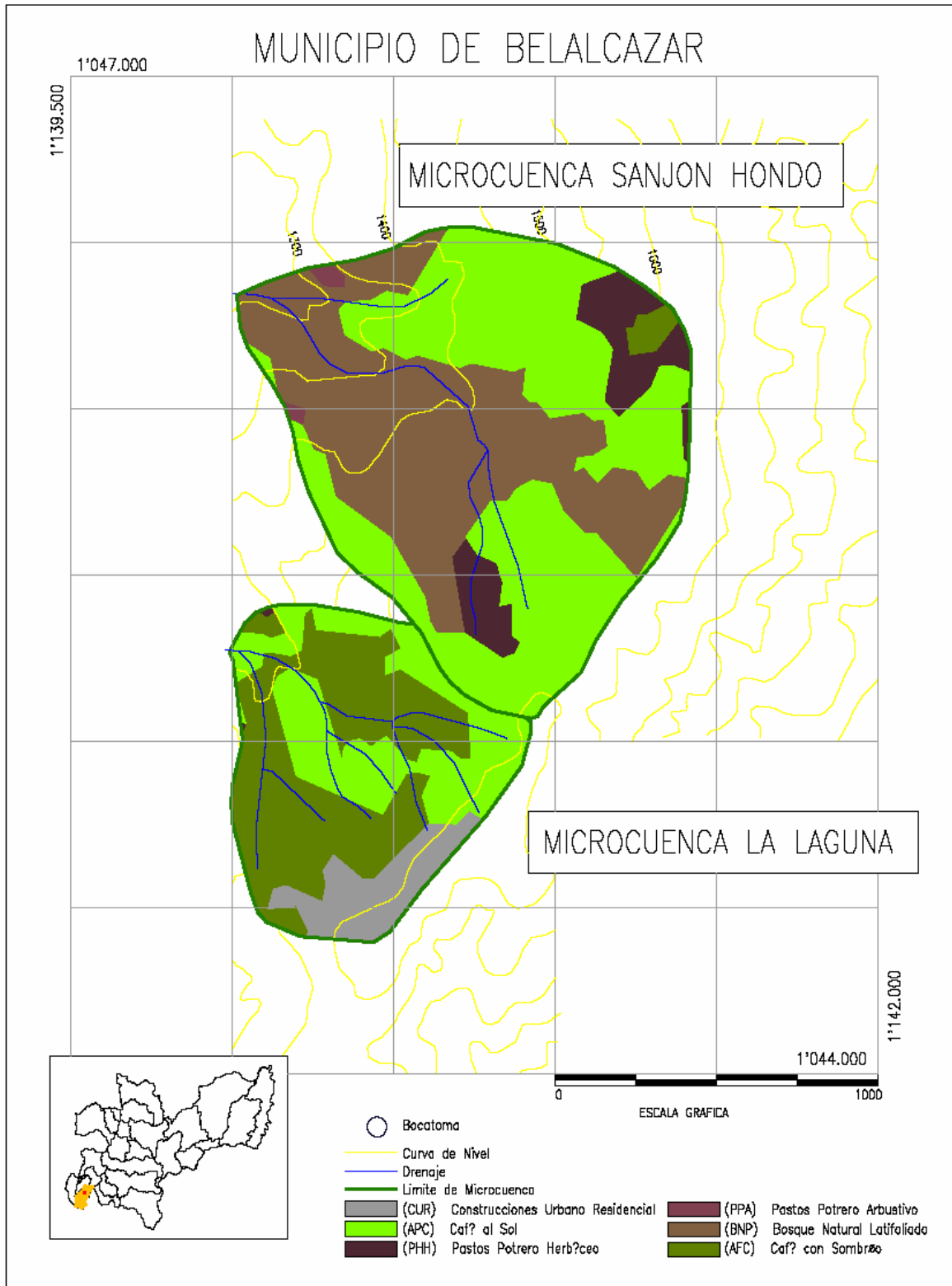
D1. El Brillante de Aranzazu



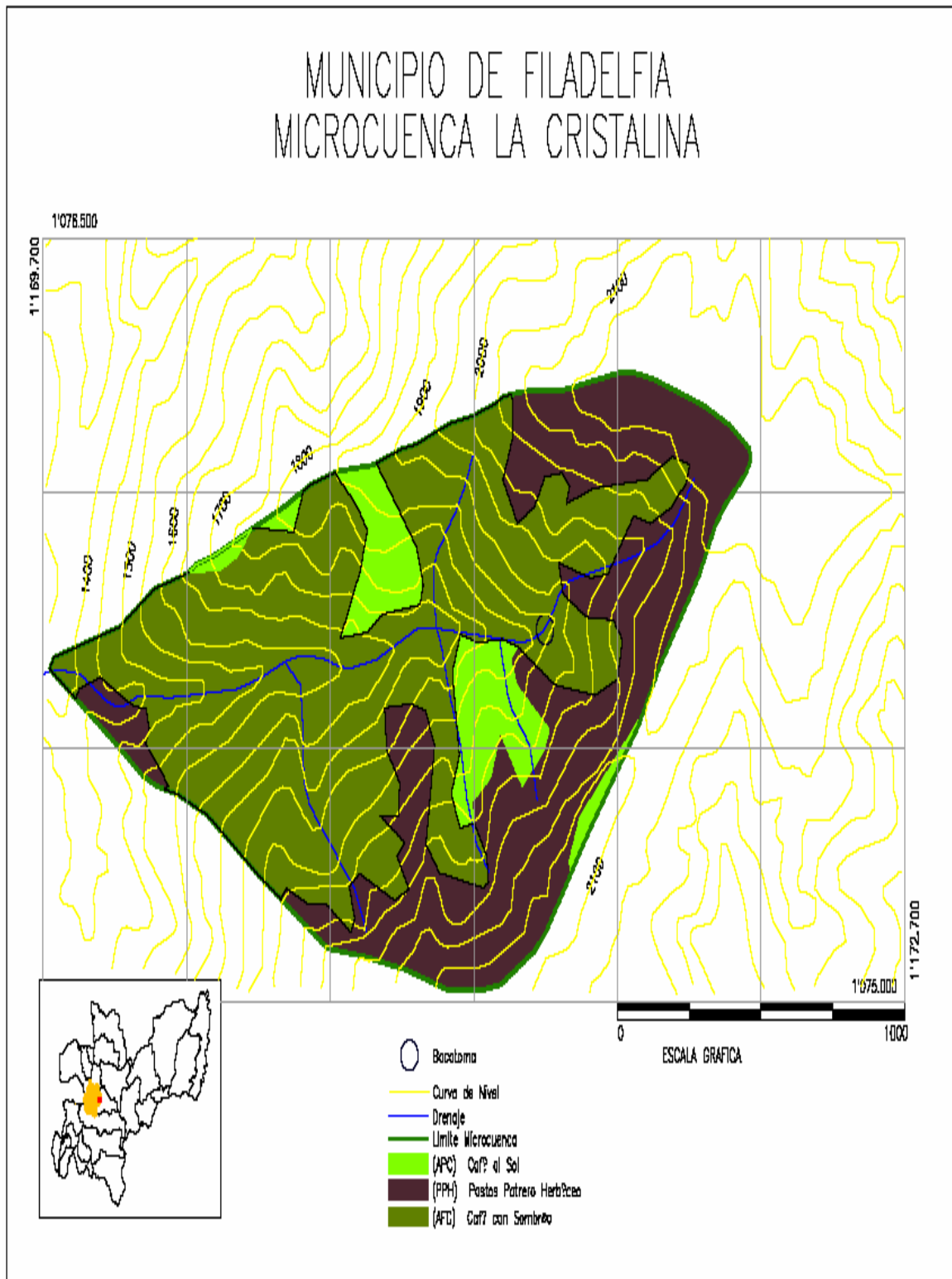
D2. Chambery de Aranzazu



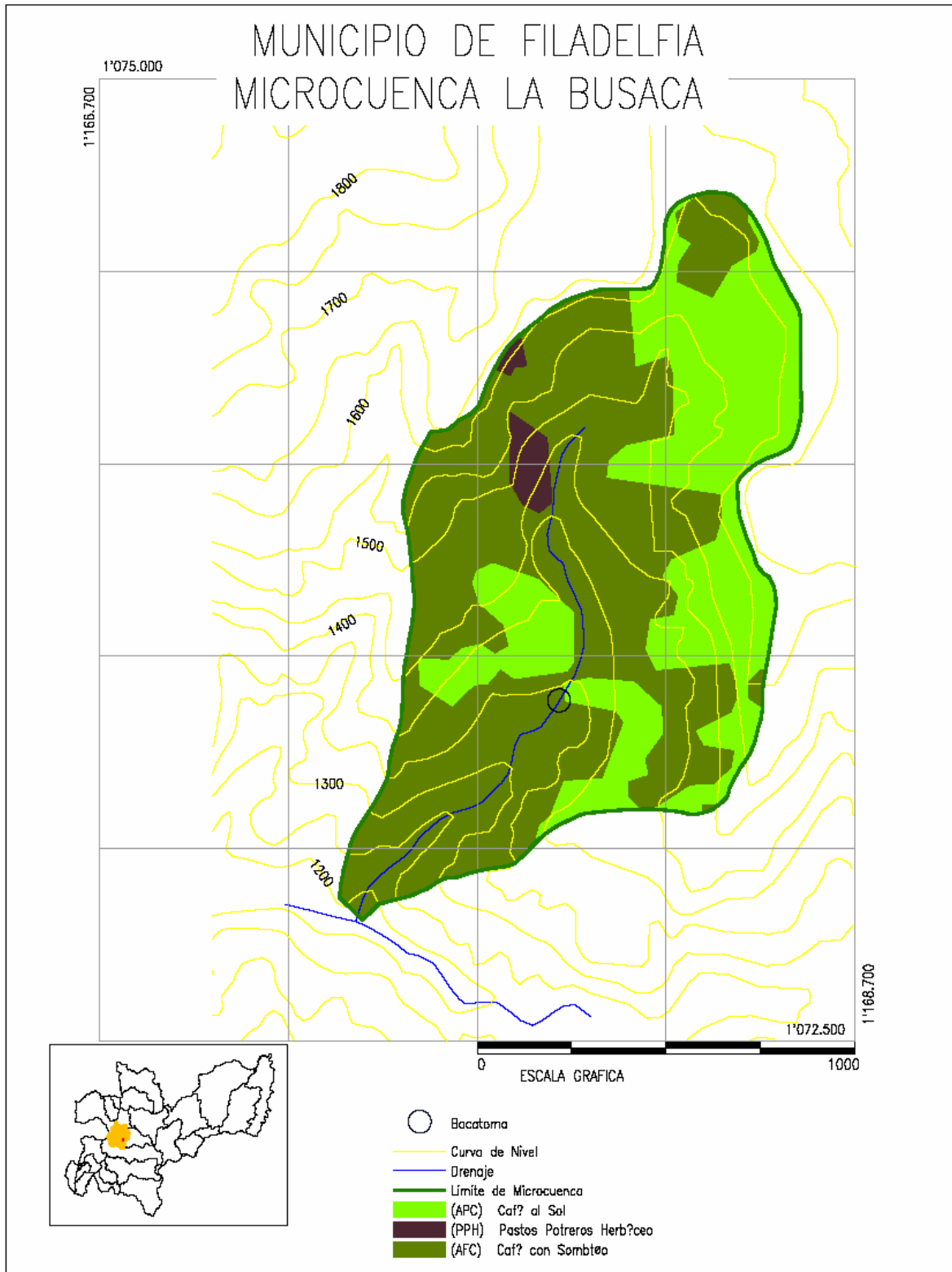
E. Sanjón Hondo de Belalcázar



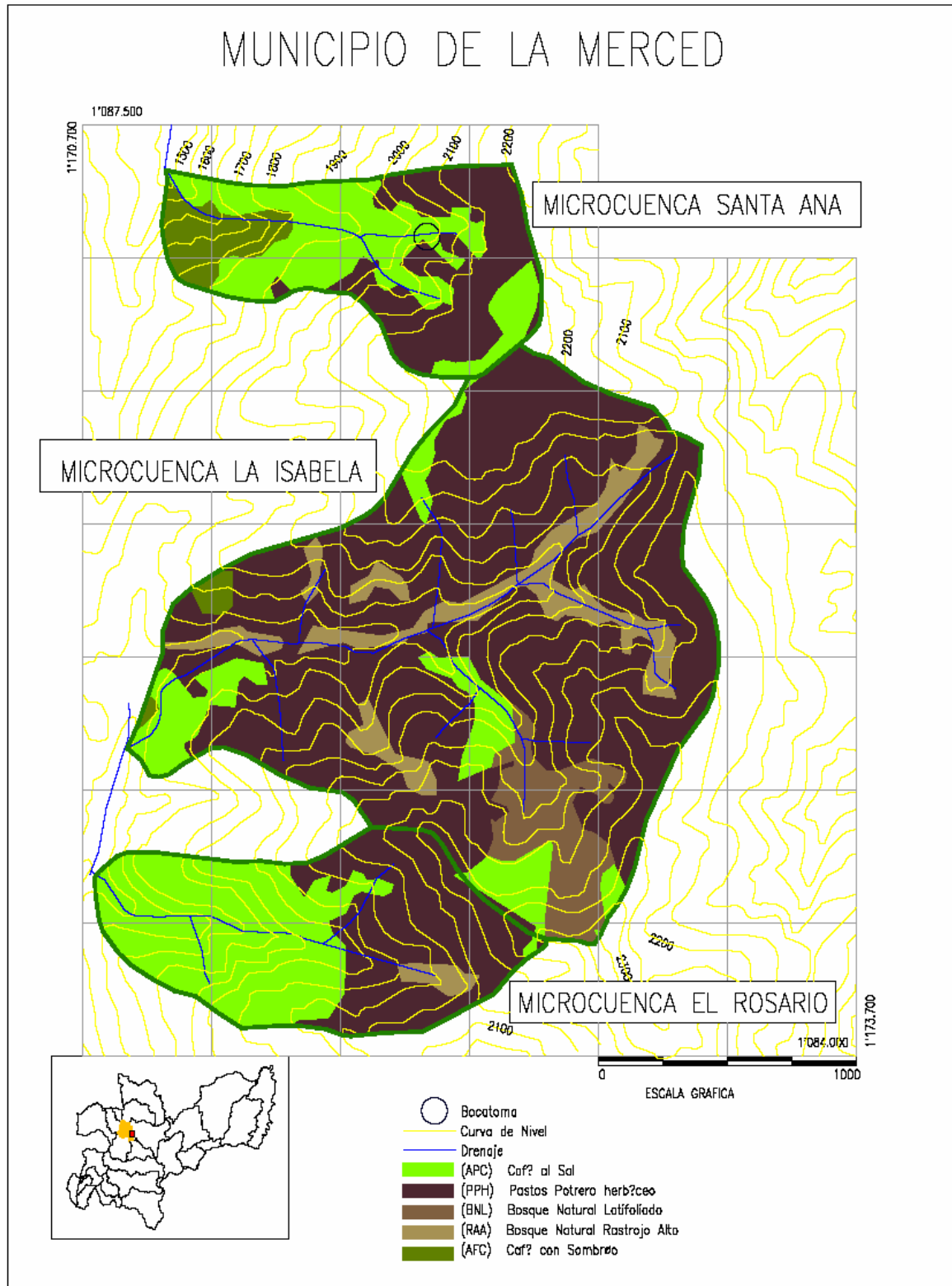
F1. La Cristalina de Filadelfia



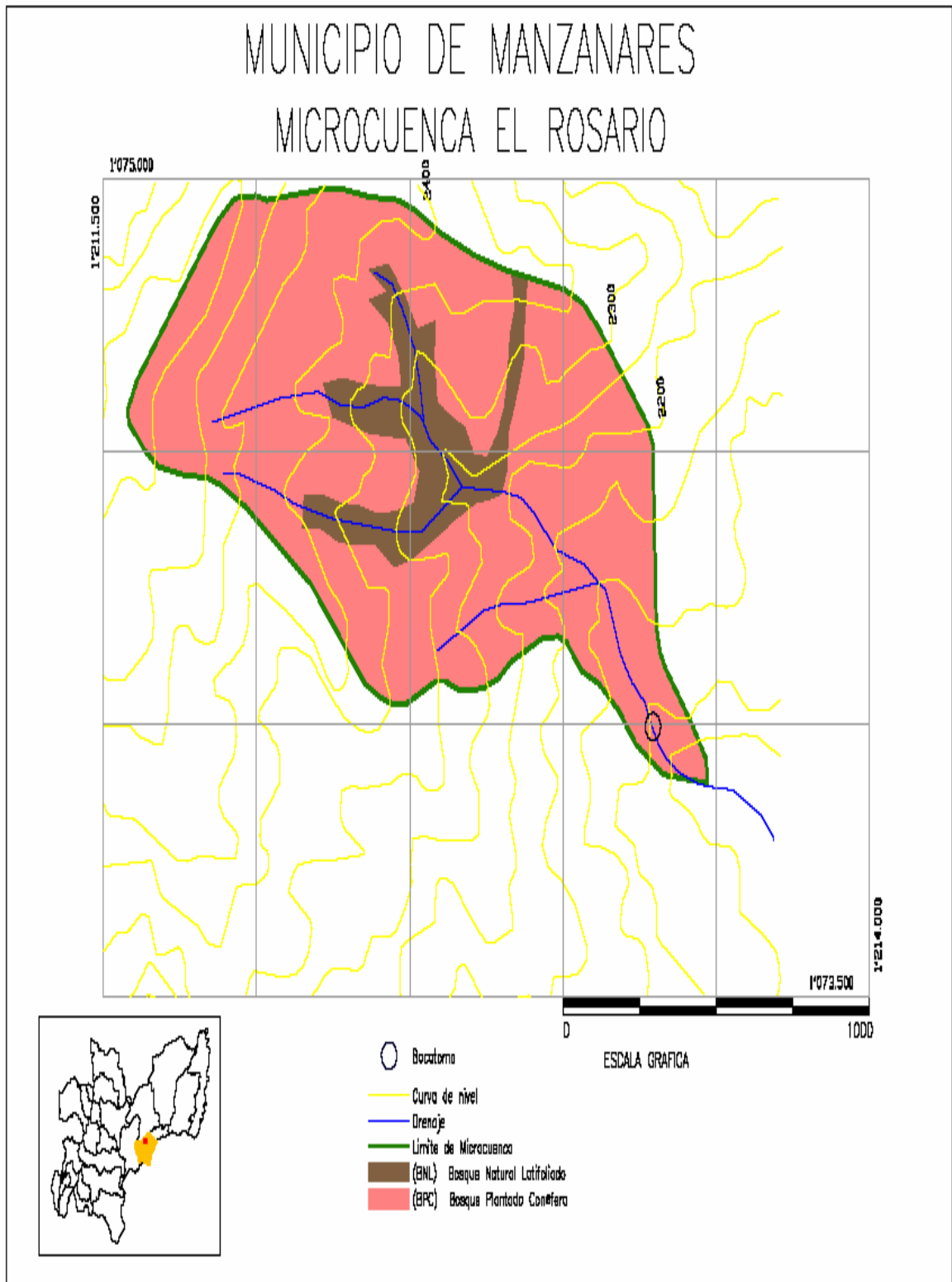
F2. La Busaca de Filadelfia



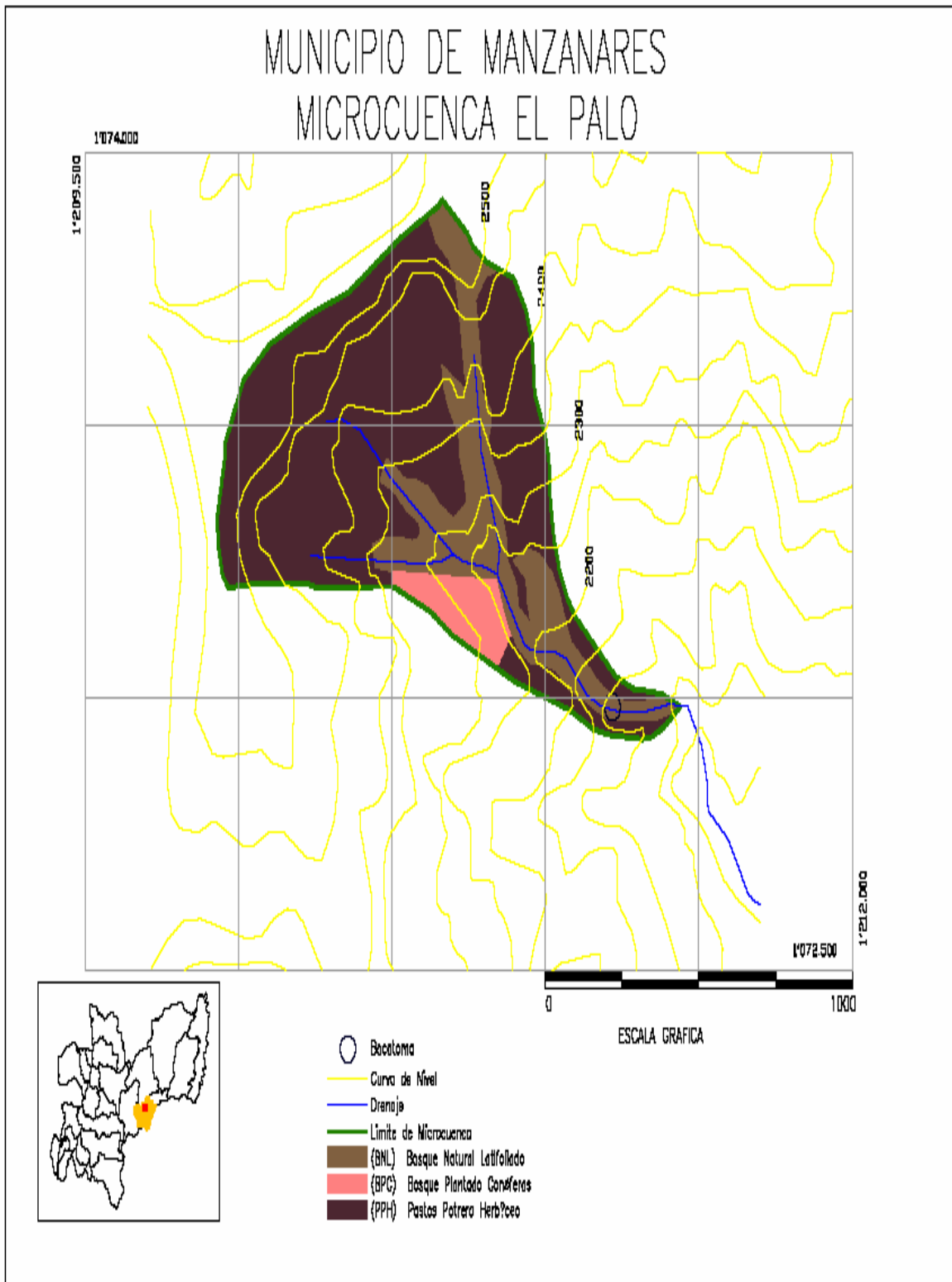
G. La Isabela y Santa Ana de La Merced



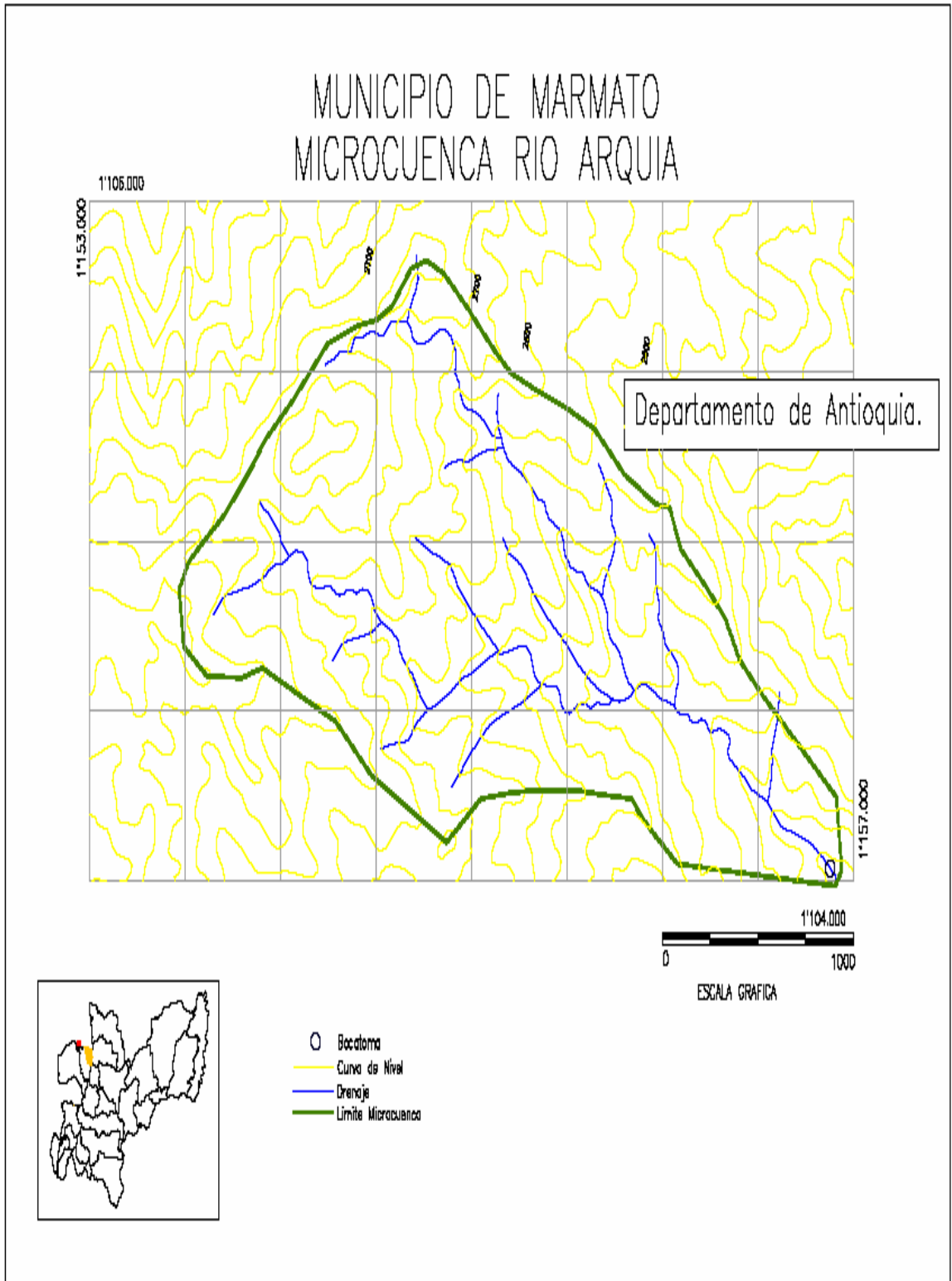
H1. El Rosario de Manzanares



H2. El Palo de Manzanares

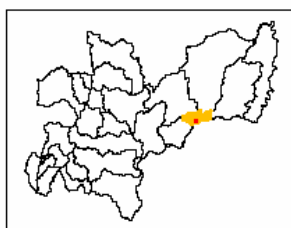
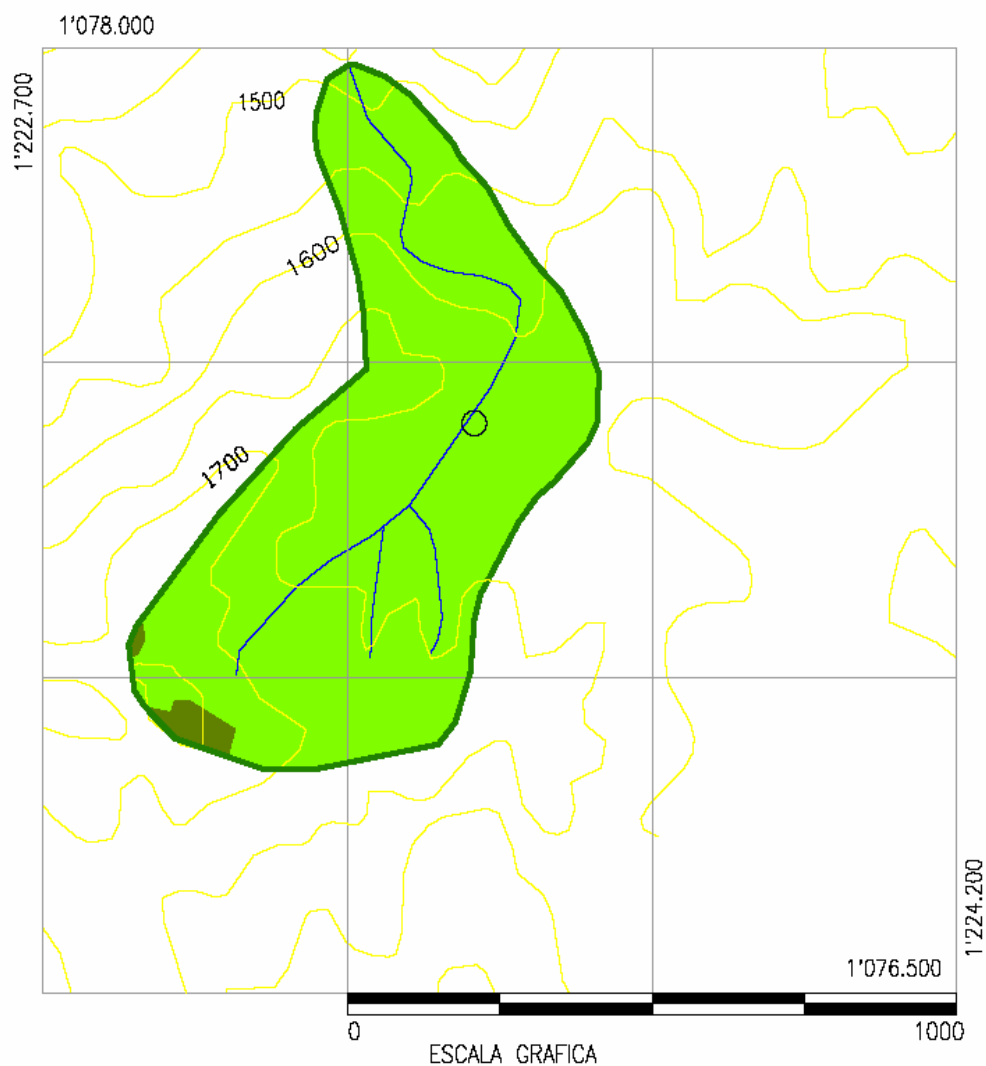


I. Río Arquía de Marmato



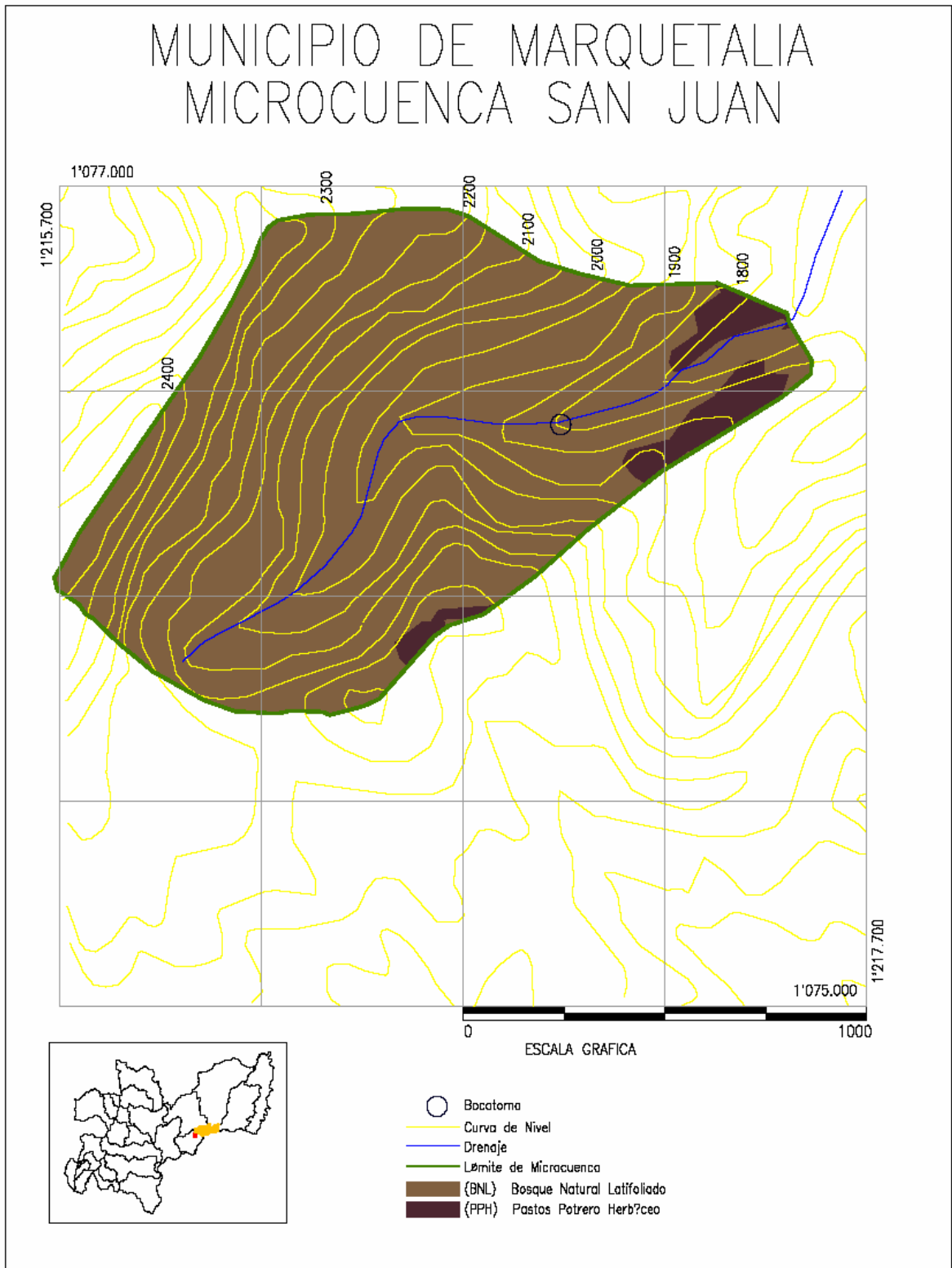
J1. Penagos de Marquetalia

MUNICIPIO DE MARQUETALIA MICROCUENCA PENAGOS

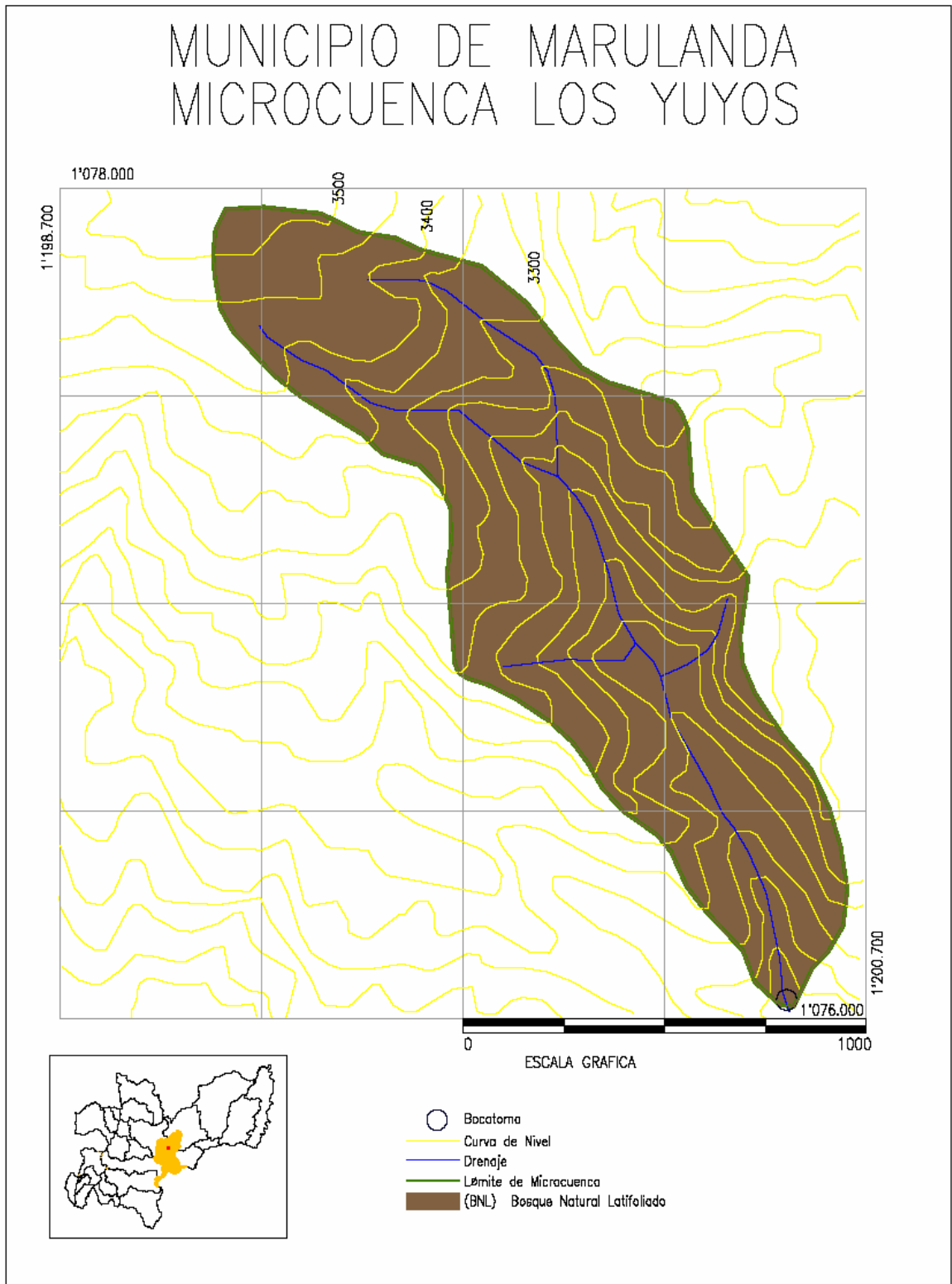


- Bacatoma
- Curva de Nivel
- Drenaje
- Límite de Microcuenca
- (APC) Caf? al Sal
- (AFC) Caf? con Sombra

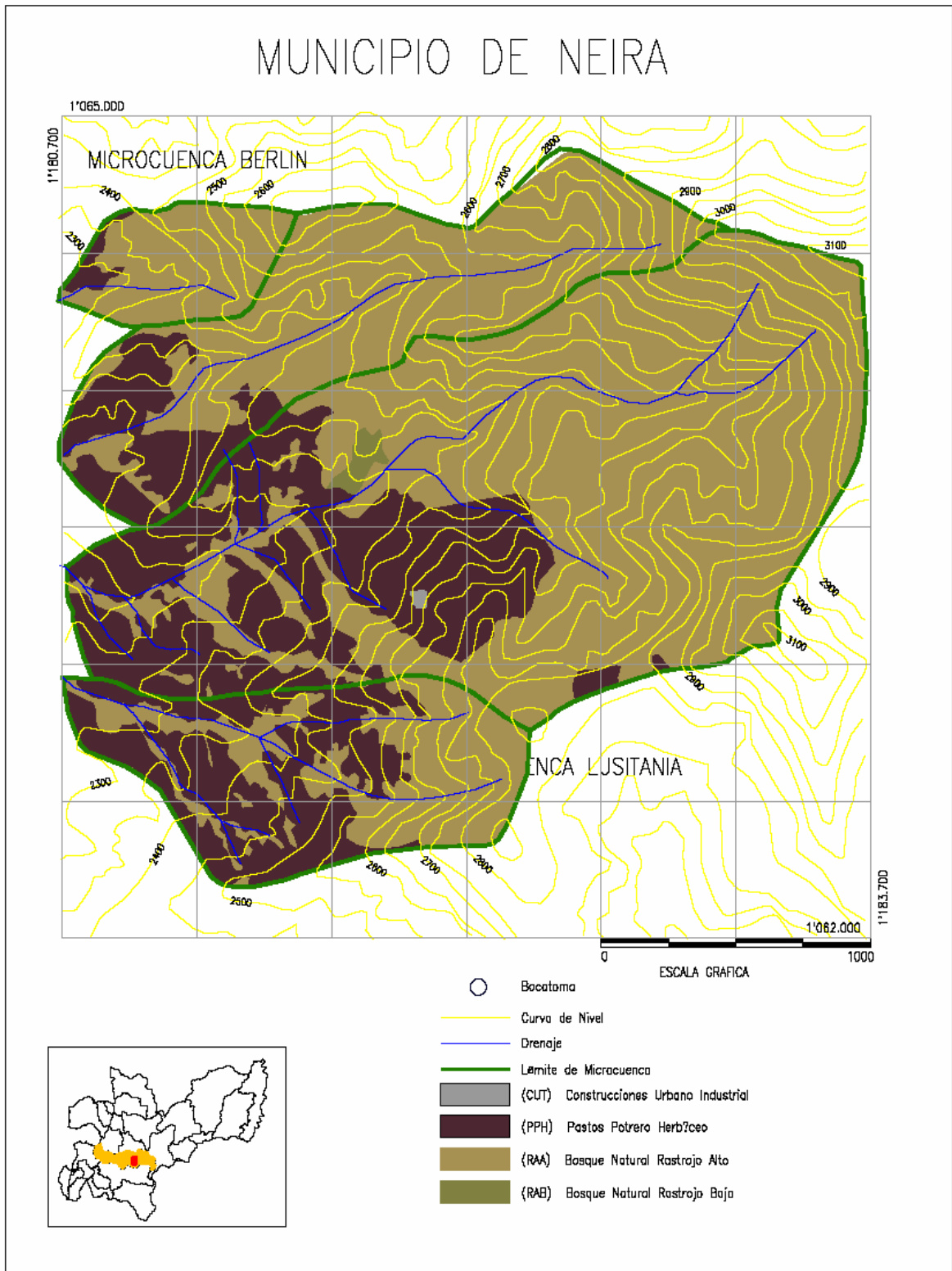
J2. San Juan de Marquetalia



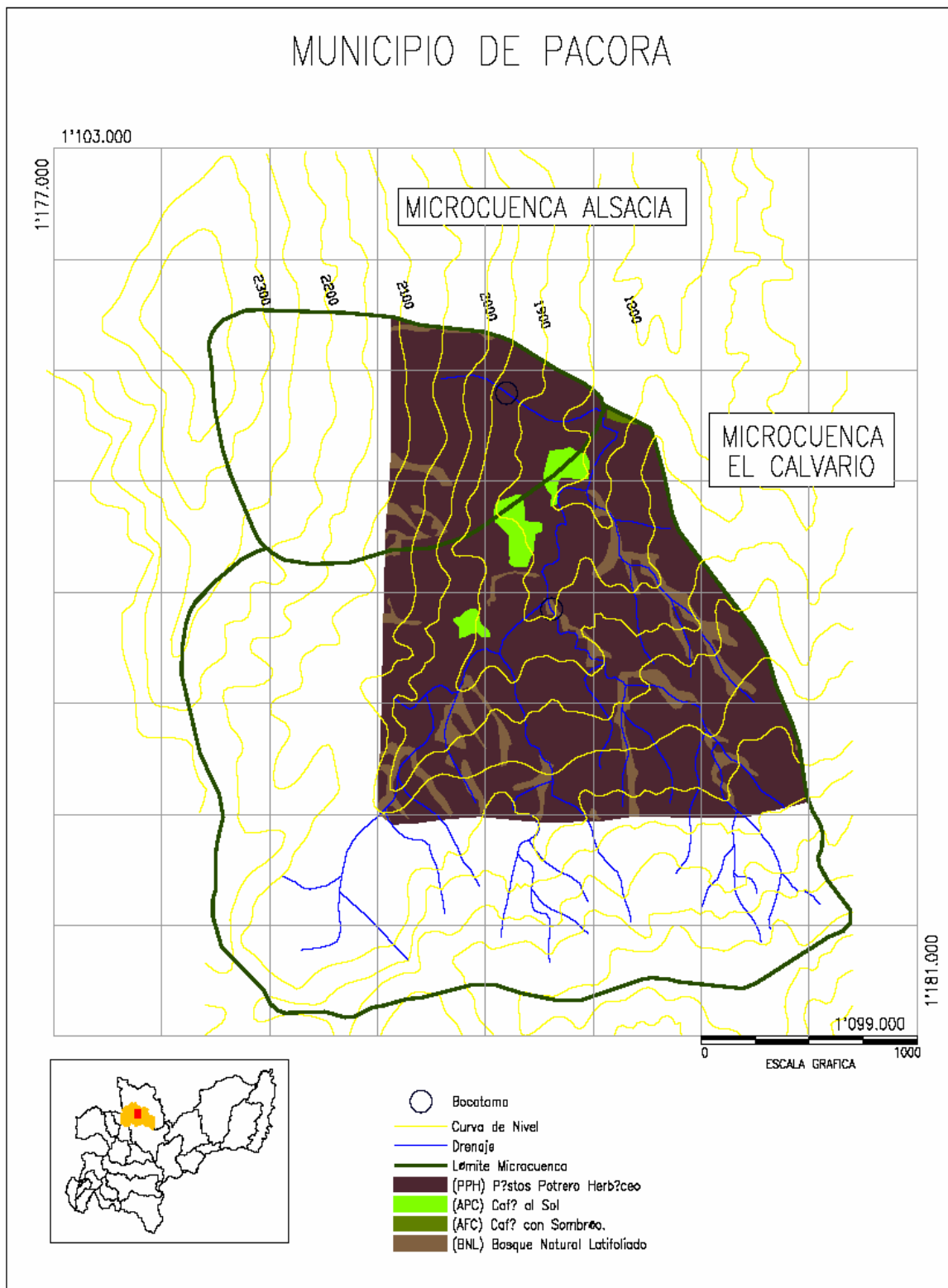
K. Los Yuyos de Marulanda



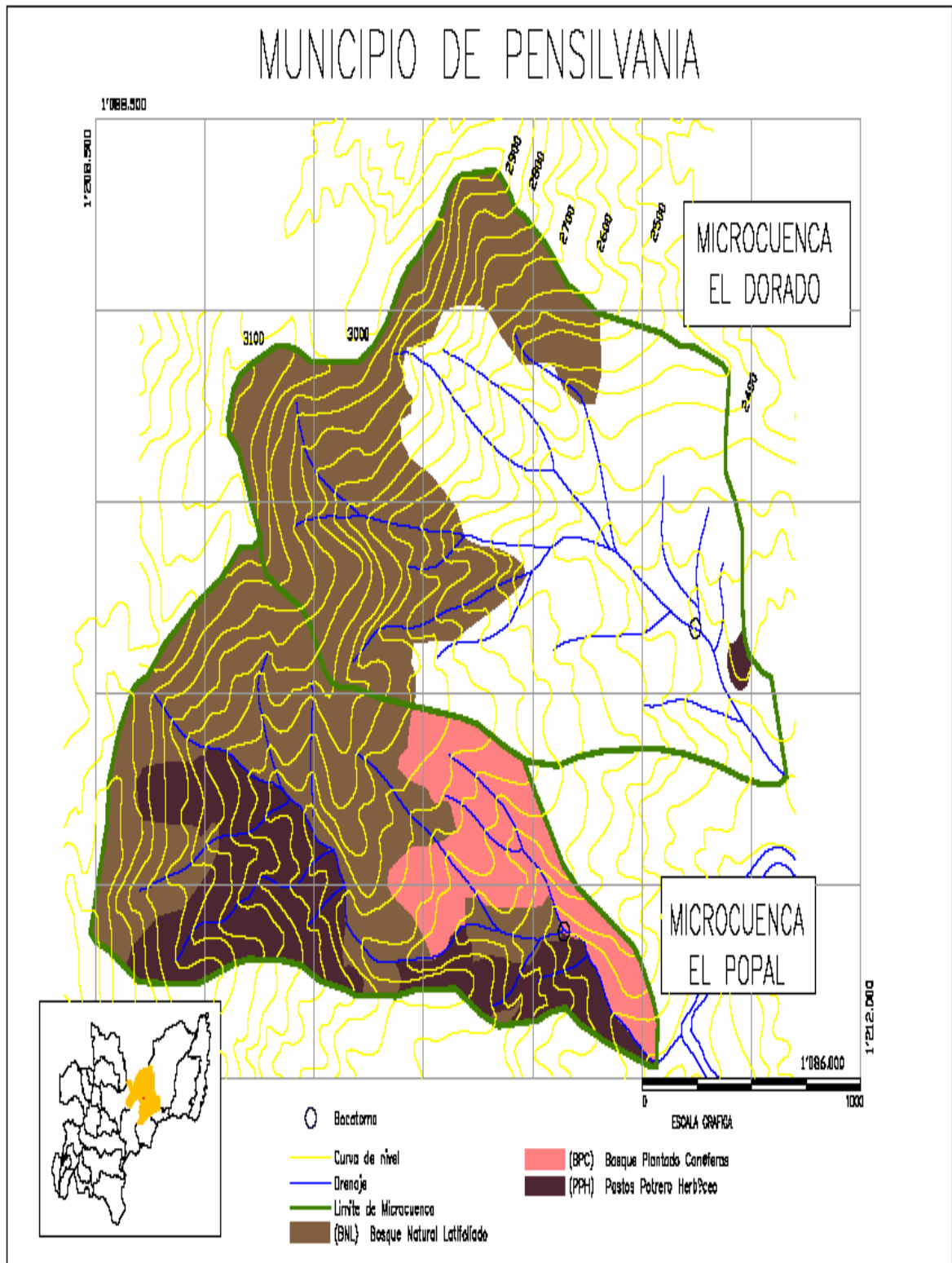
L. Berlín de Neira



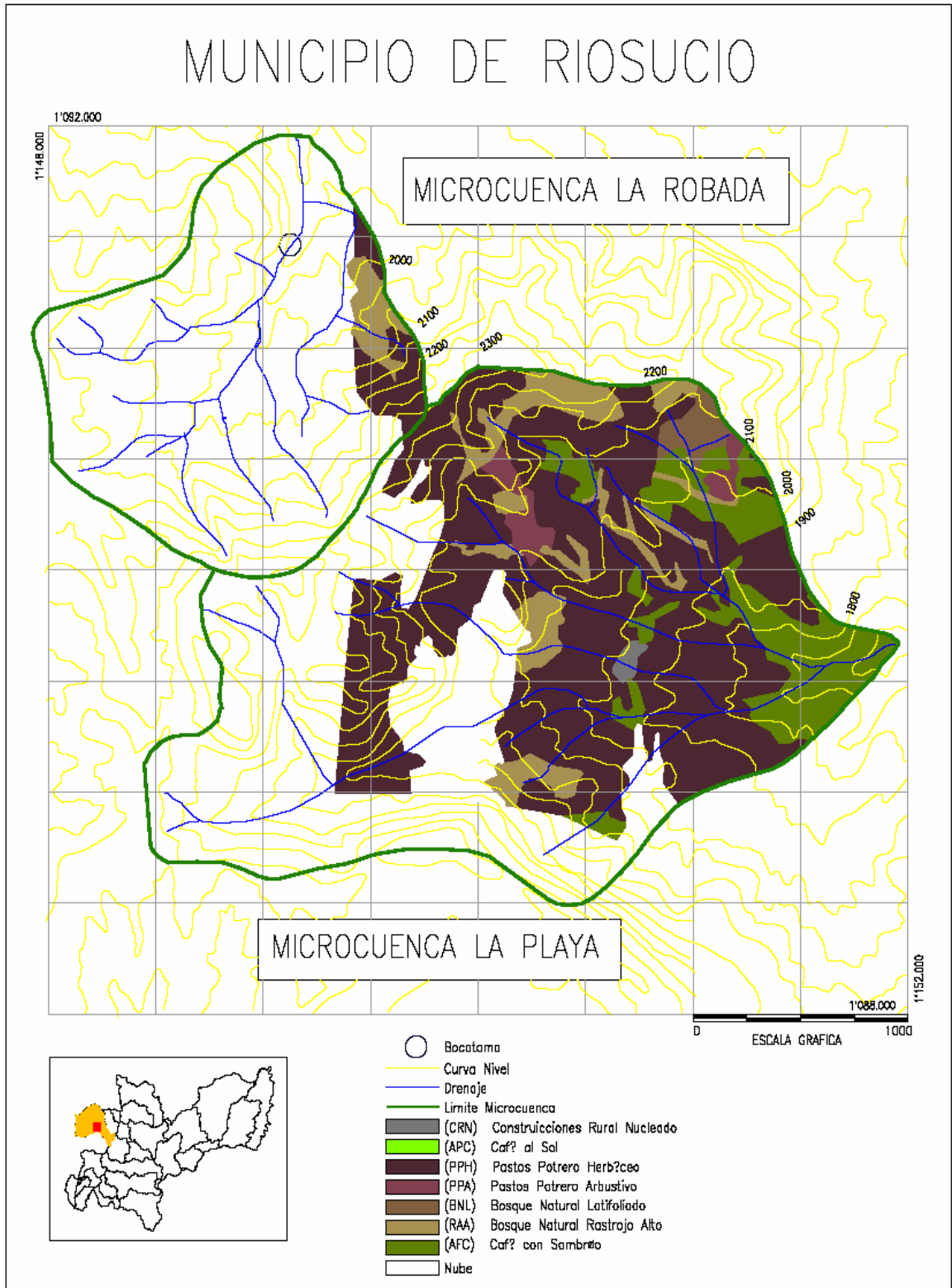
M. Alsacia de Pacora



N. El Dorado y El Popal de Pensilvania

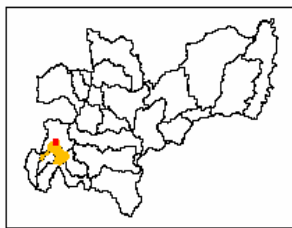
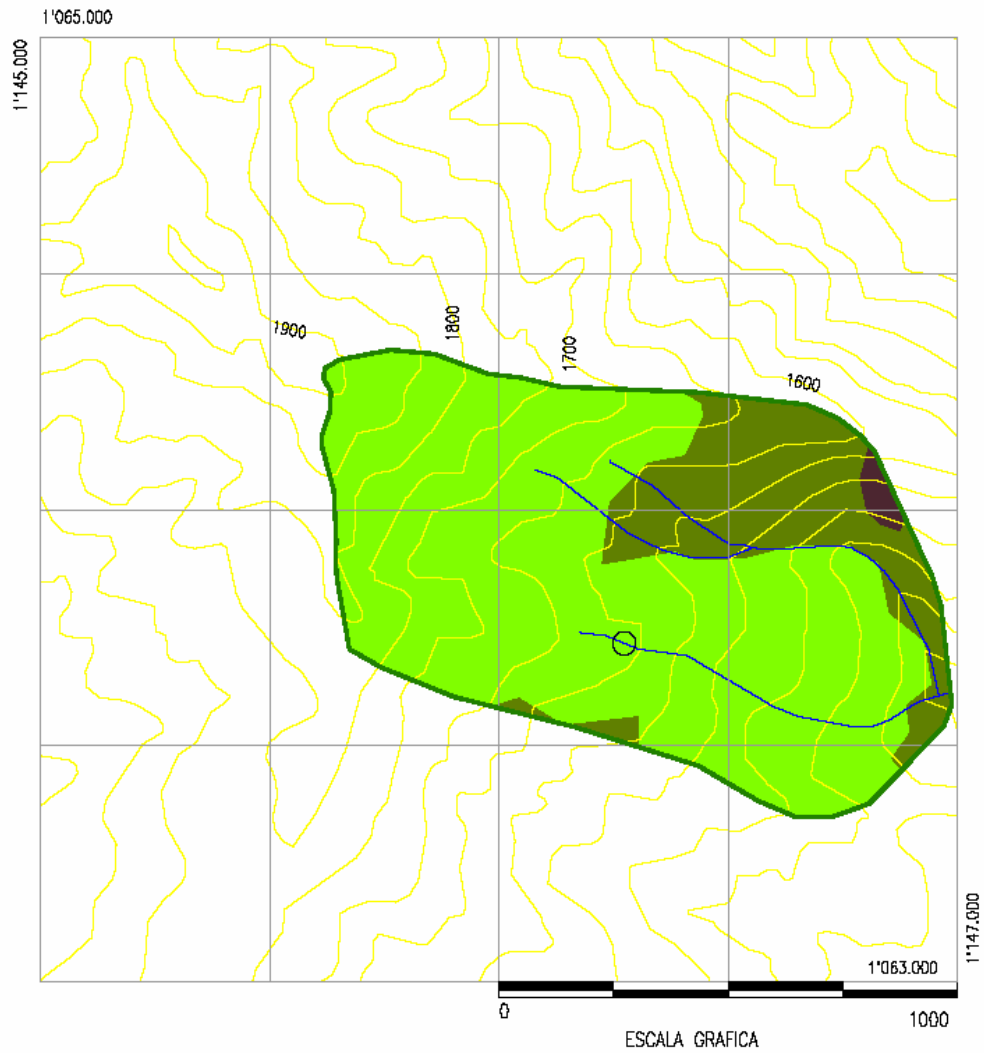


O. La Robada de Riosucio



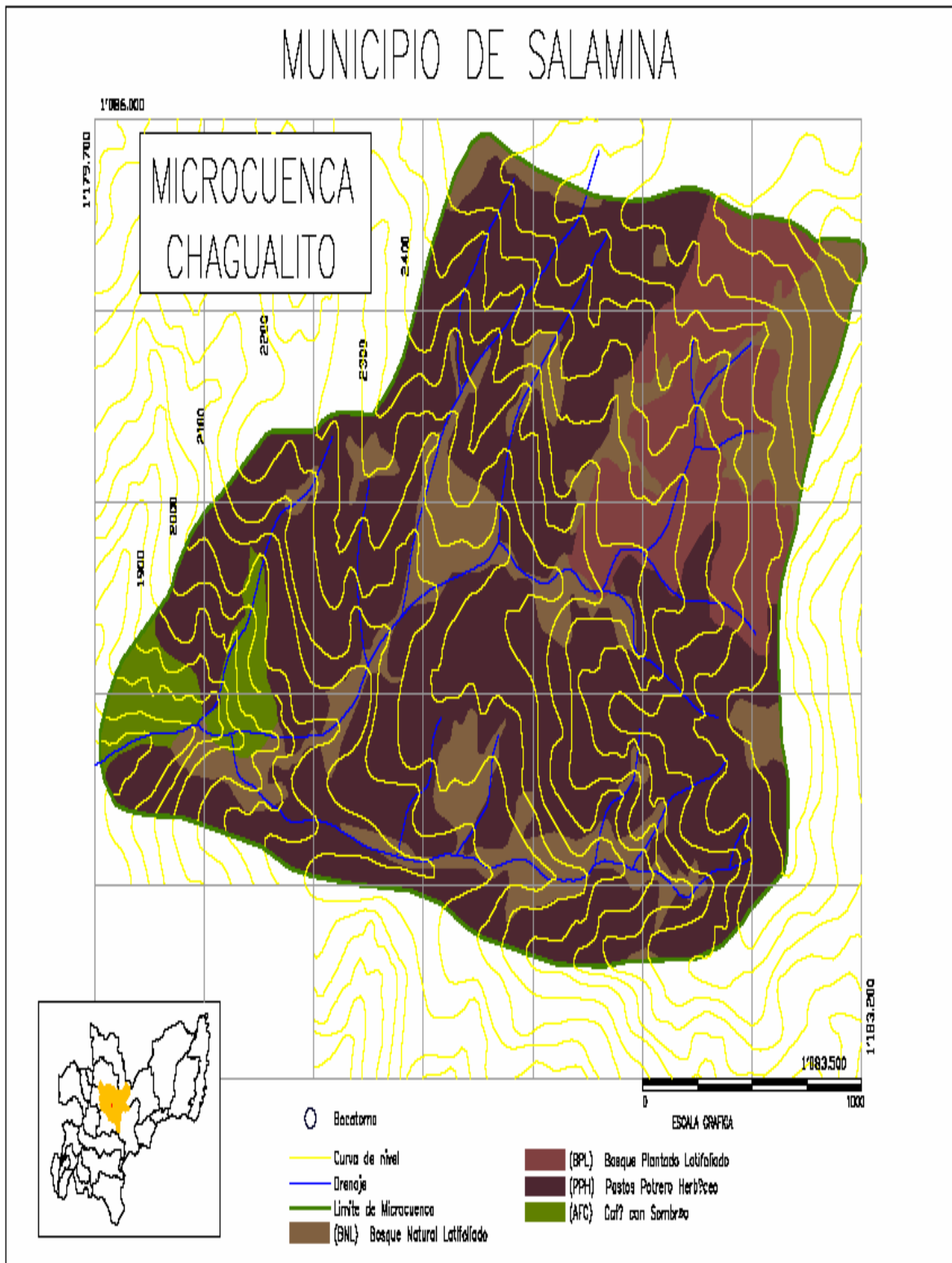
P. Chavarquia de Risaralda

MUNICIPIO DE RISARALDA MICROCUENCA CHAVARQUIA

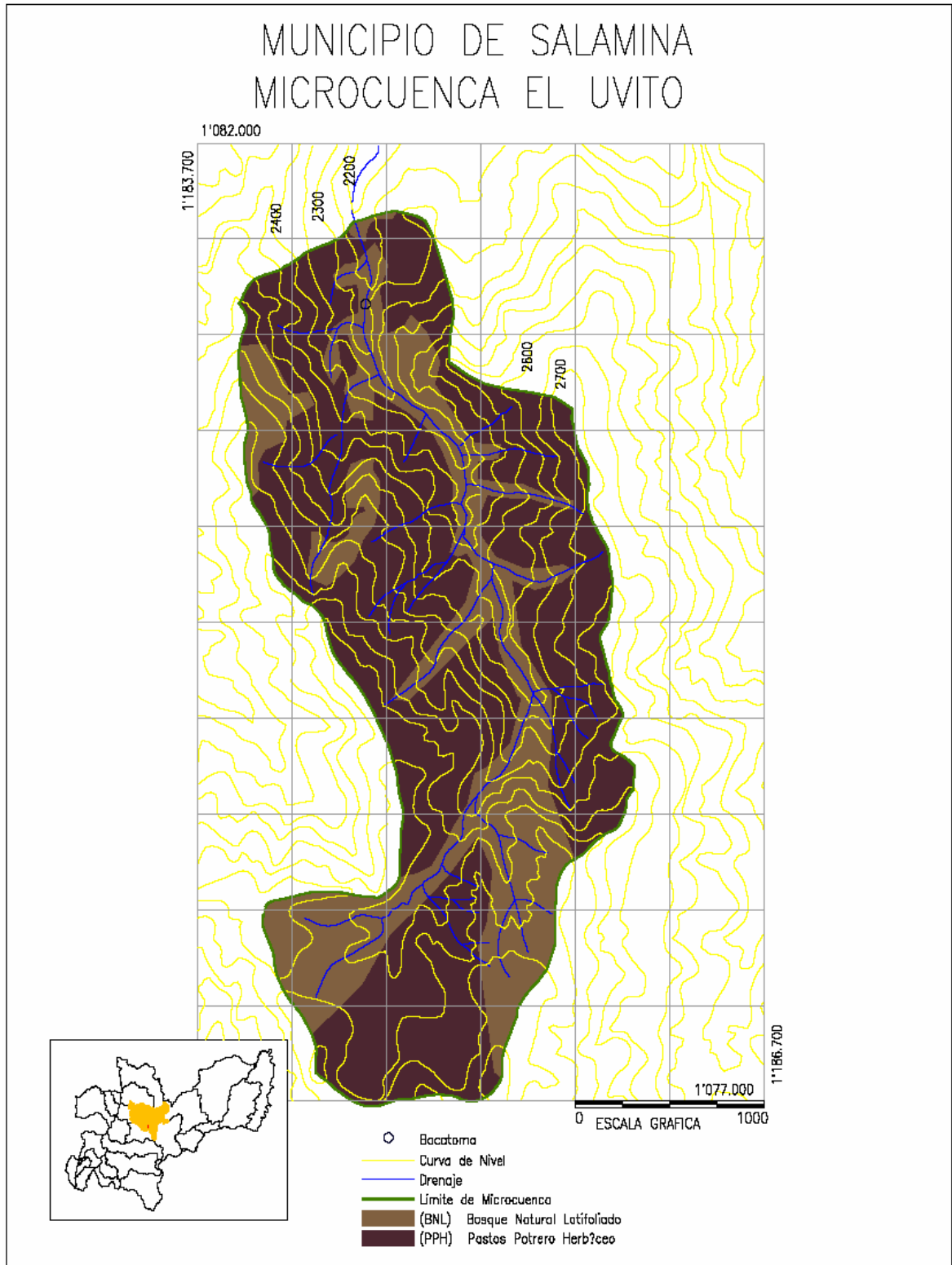


- Bocatoma
- Curva Nivel
- Drenaje
- Limite Microcuenca
- (APC) Caf? al Sol
- (PPH) Pastos Potrero Herb?ceo
- (AFC) Caf? con Sombreo

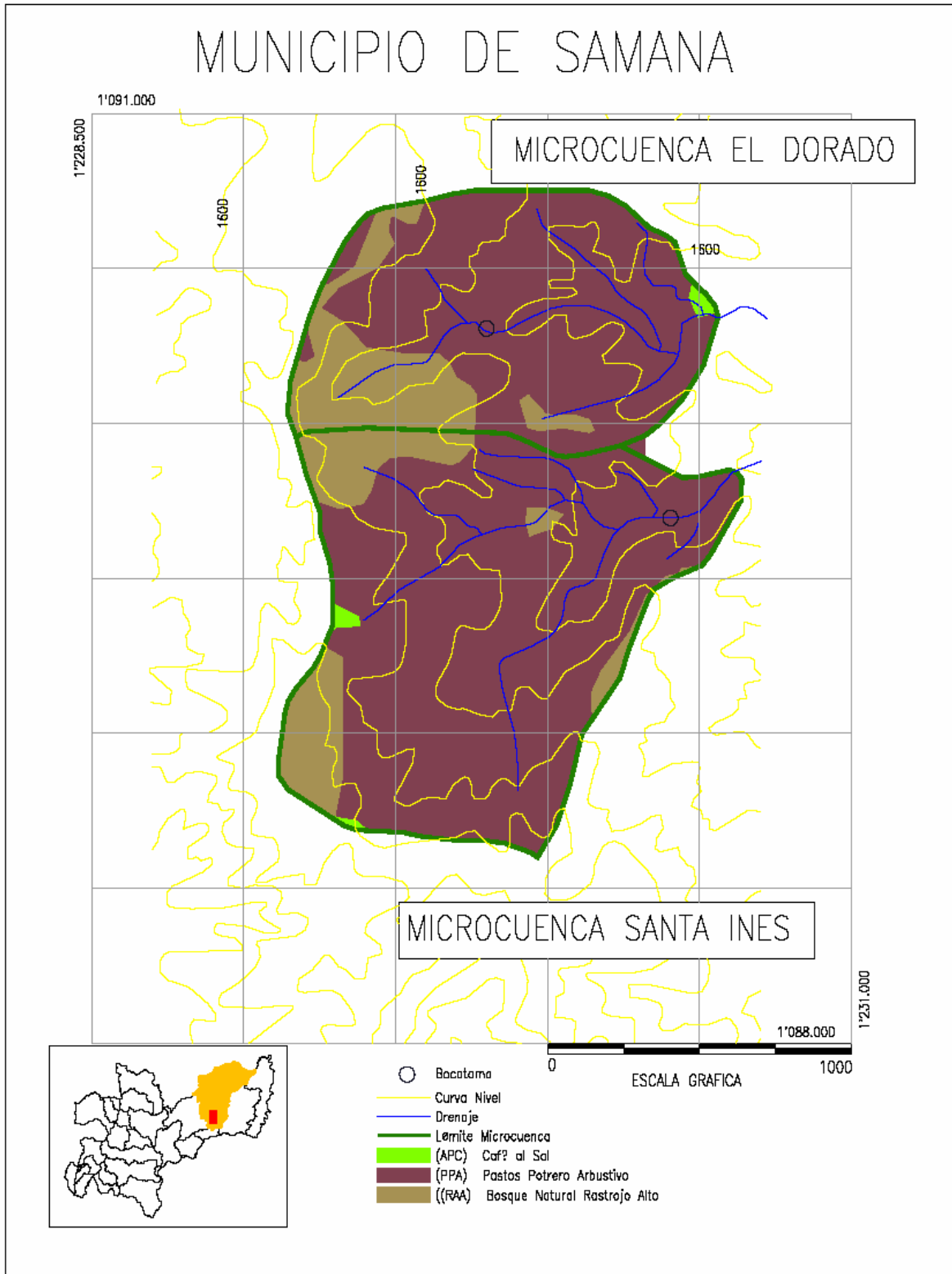
Q1. Chagualito de Salamina



Q2. El Uvito de Salamina

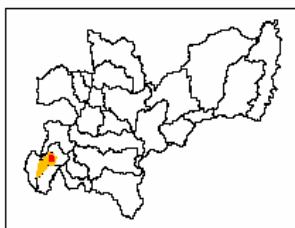
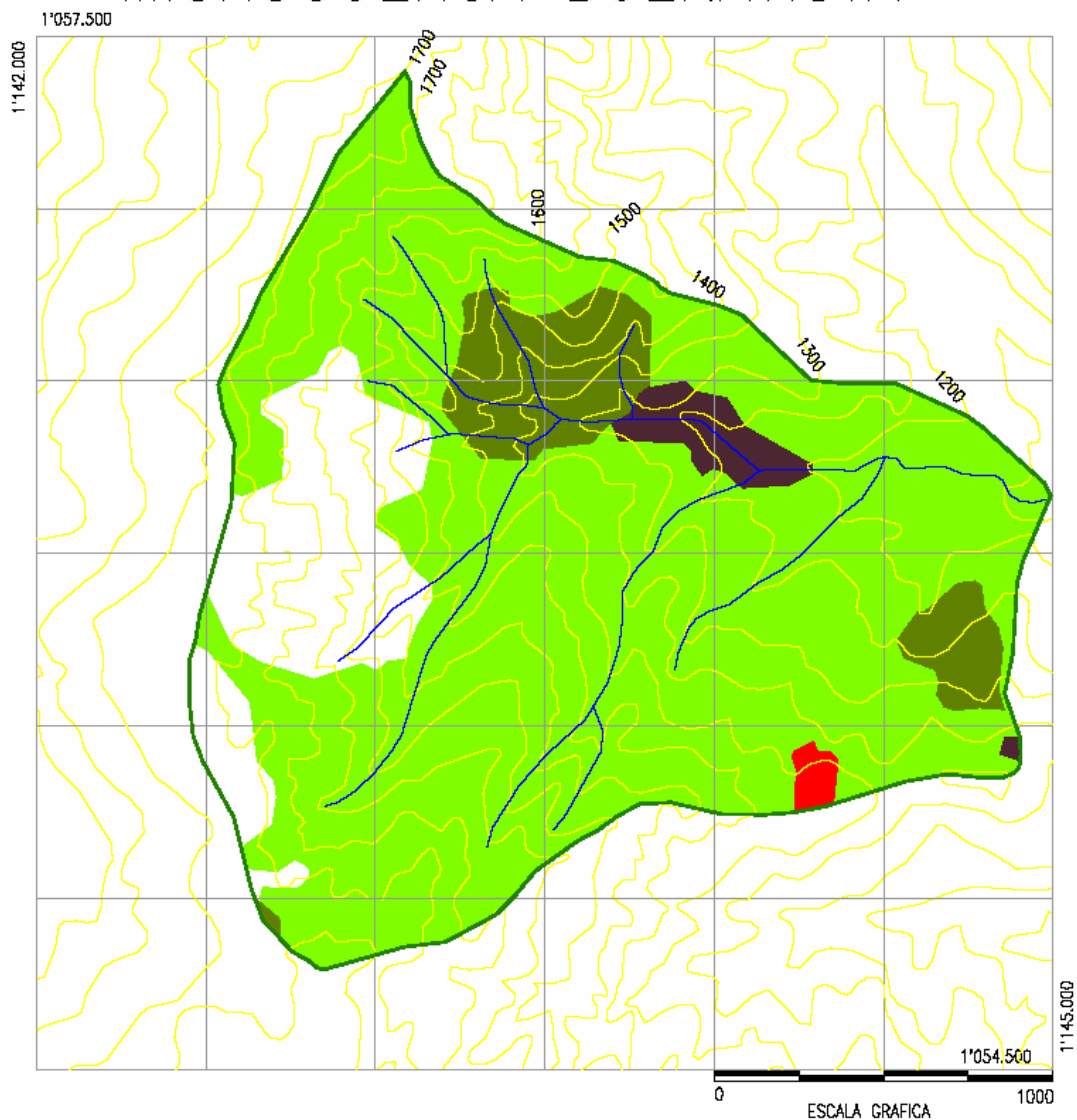


R. El Dorado y Santa Inés de Samaná



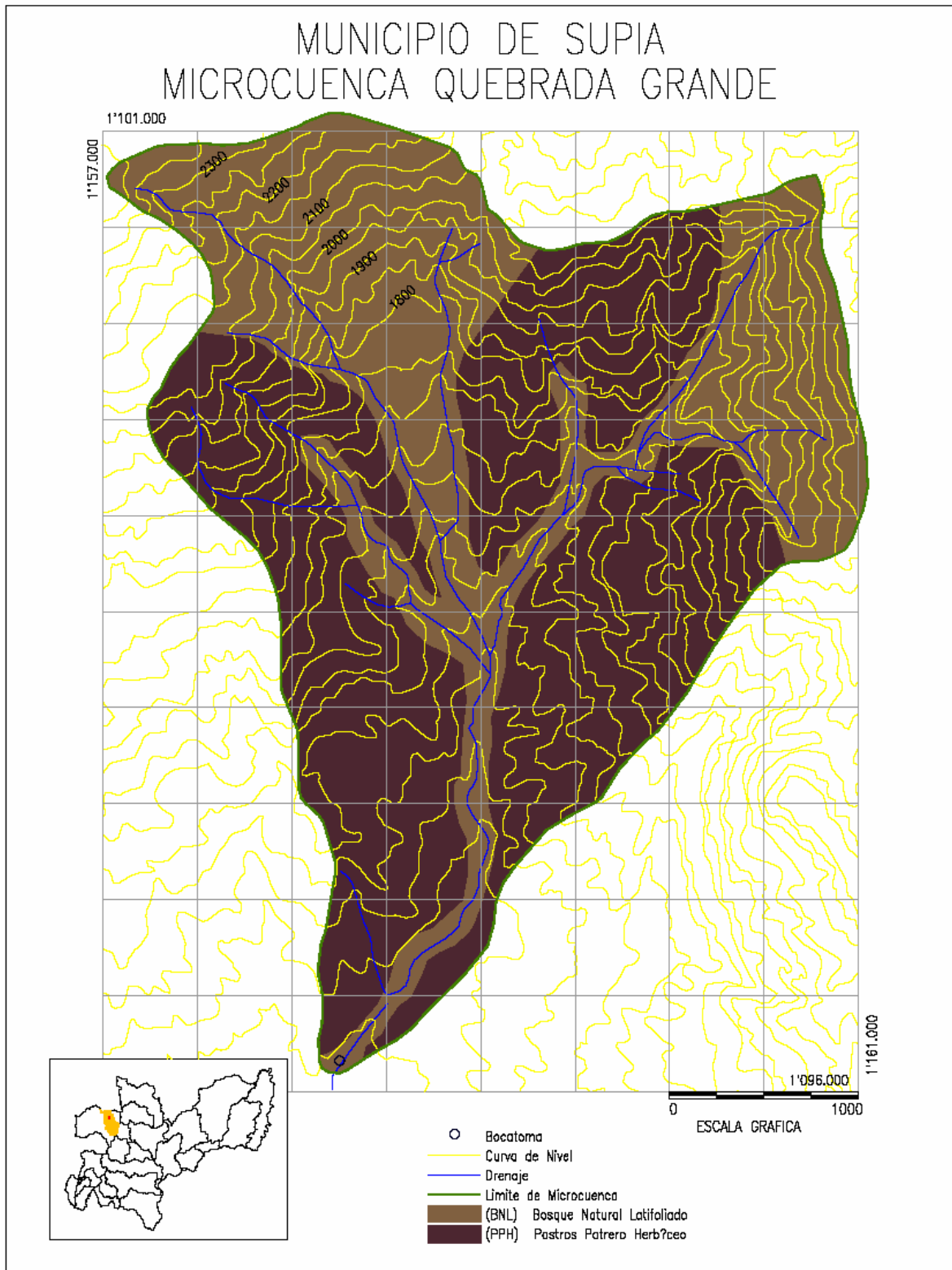
S. Buenavista de San José

MUNICIPIO DE SAN JOSE MICROCUENCA BUENAVISTA

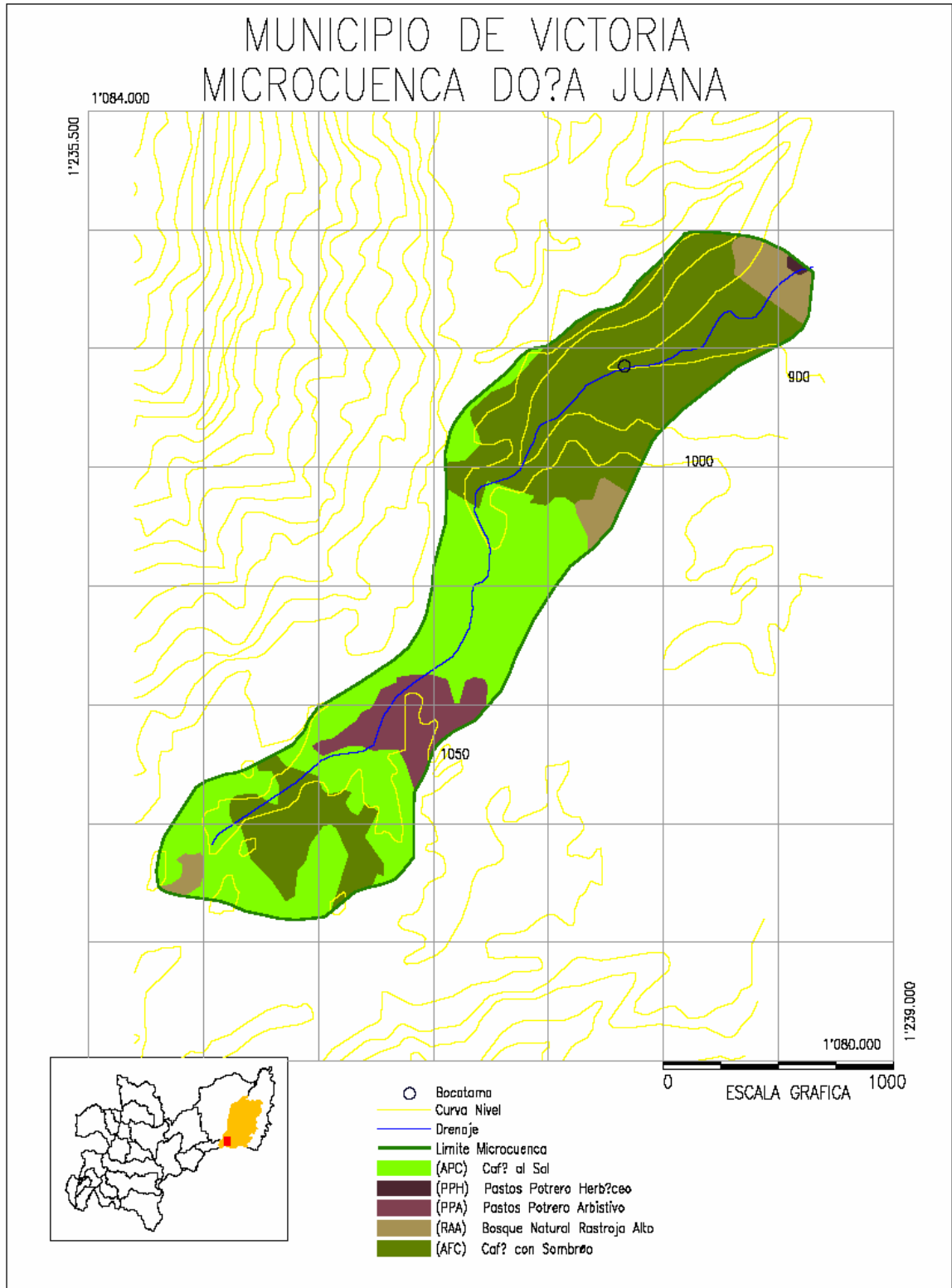


- Curva Nivel
- Drenaje
- Limite Microcuencia
- (APC) Caf? al Sal
- (APF) Frutales
- (PPH) Pastas Potrera Herb?ceas
- (AFC) Caf? con Samboro
- Nube

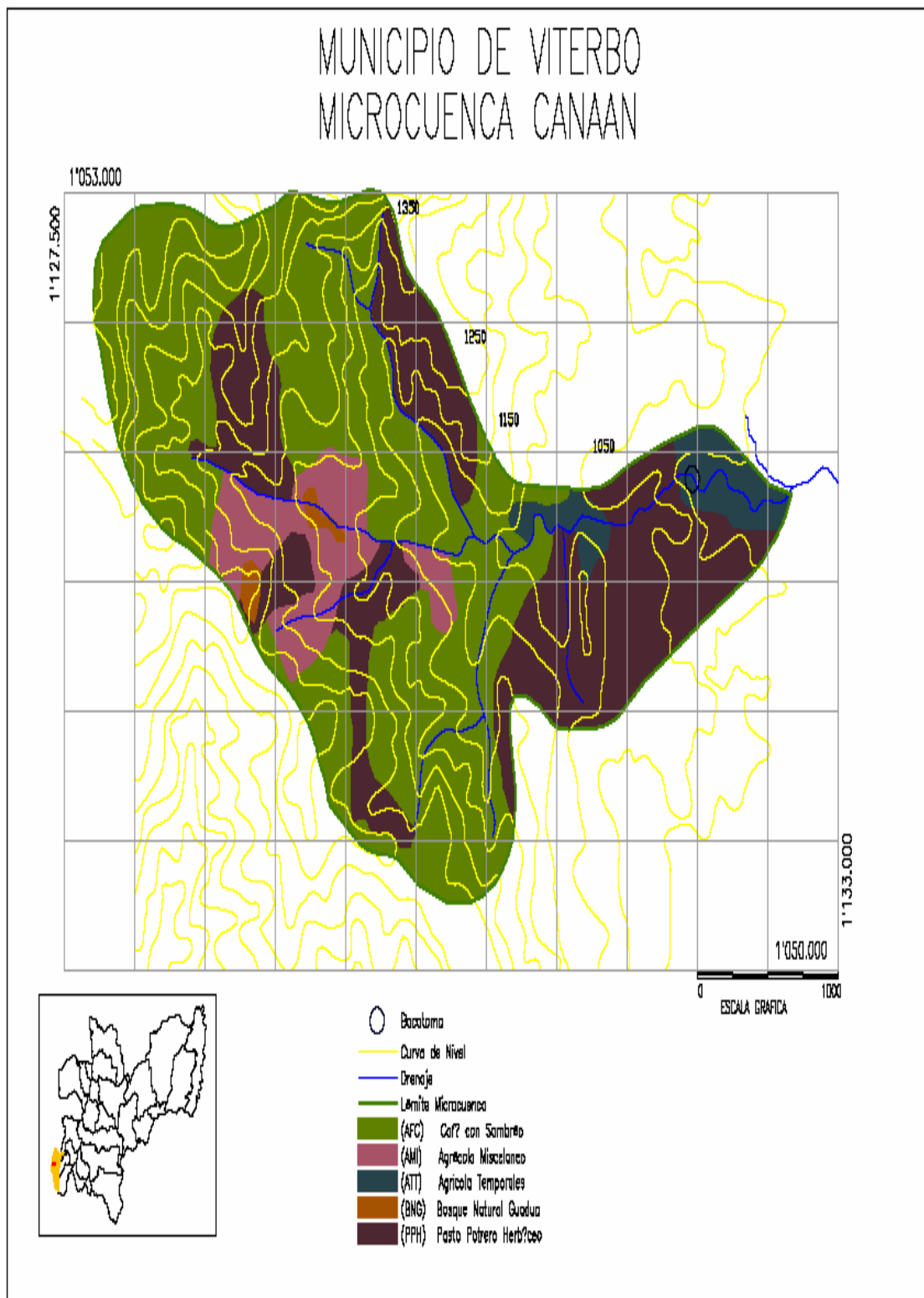
T. Quebrada Grande de Supía



U. Doña Juana de Victoria



V1. Canaan de Viterbo



V2. La Maquina y La Julia de Viterbo

