



**ESTUDIOS DE DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN  
DE LAS ÁREAS DE AMENAZA Y CON  
CONDICIONES DE RIESGO, DETERMINANDO LAS  
MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA SU MITIGACIÓN  
EN LOS MUNICIPIOS DE MEDINA, FÓMEQUE,  
GUASCA, JUNÍN, GACHETÁ, UBALÁ, GAMA Y  
GACHALÁ**

**CONTRATO 200-12-3-391 DE 2013**

**GE-333**



**VOLUMEN B REGIONAL  
TOMO IV USOS DEL SUELO Y COBERTURA**

**Bogotá D.C., Marzo de 2015**



**ESTUDIOS DE DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN  
DE LAS ÁREAS DE AMENAZA Y CON  
CONDICIONES DE RIESGO, DETERMINANDO LAS  
MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA SU MITIGACIÓN  
EN LOS MUNICIPIOS DE MEDINA, FÓMEQUE,  
GUASCA, JUNÍN, GACHETÁ, UBALÁ, GAMA Y  
GACHALÁ**



**Bogotá D.C., Marzo de 2015**

|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <p>ESTUDIOS DE DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE AMENAZA Y CON CONDICIONES DE RIESGO, DETERMINANDO LAS MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA SU MITIGACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE MEDINA, FÓMEQUE, GUASCA, JUNÍN, GACHETÁ, UBALÁ, GAMA Y GACHALÁ<br/>CONTRATO No 200-12-3-391</p> |  |
| <b>VOLUMEN B TOMO IV SISMOLOGIA Y USOS DEL SUELO</b>                              |  |  |

### CONTROL DE CAMBIOS

| ENTREGA DE INFORMES | ENTIDAD       | Unidades |
|---------------------|---------------|----------|
| Original            | Interventoría | 1        |
|                     |               |          |
|                     |               |          |

### CAMBIOS REALIZADOS

| Versión | Cambios realizados respecto a la versión anterior                      | Fecha      |
|---------|--|------------|
| 1       |  | 01/03/2015 |
| 2       | Ajustado de acuerdo a observaciones del informe final de interventoría | 07/04/2015 |

### APROBACIÓN CAMBIOS

| Versión | Realizó  | Revisó | Aprobó | Observaciones | Fecha      |
|---------|----------|--------|--------|---------------|------------|
| 2       | JO<br>DZ | HBC    | FSS    |               | 07/04/2015 |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 3    |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

## TABLA DE CONTENIDO

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | GENERALIDADES .....   | 10 |
| 1.1     | INTRODUCCIÓN .....  | 10 |
| 1.2     | OBJETIVOS.....  | 11 |
| 1.2.1   | Objetivo general .....  | 11 |
| 1.2.2   | Objetivos específicos.....  | 11 |
| 1.3     | LOCALIZACIÓN.....   | 12 |
| 2       | USOS DEL SUELO Y COBERTURA.....   | 14 |
| 2.1     | RECOPIACIÓN, REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA .....                       | 14 |
| 2.1.1   | Información Cartográfica .....  | 14 |
| 2.2     | COBERTURA VEGETAL.....  | 15 |
| 2.2.1   | Caracterización de la cobertura vegetal .....   | 17 |
| 2.2.1.1 | Revisión de información secundaria.....   | 17 |
| 2.2.1.2 | Fase de oficina o Fase ejecutoria.....  | 23 |
| 2.2.1.3 | Fase de campo.....  | 25 |
| 2.2.1.4 | Fase de reajuste y elaboración de informe final .....                                     | 27 |
| 2.3     | RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE COBERTURAS .....                            | 27 |
| 2.3.1   | Análisis de información preliminar .....  | 27 |
| 2.3.2   | Descripción general de coberturas y usos de la tierra (Jurisdicción de Corpoguavio) ..... | 32 |
| 2.3.2.1 | Territorios Artificializados .....  | 32 |
| 2.3.2.2 | Territorios agrícolas.....  | 39 |
| 2.3.2.3 | Bosques .....   | 48 |
| 2.3.2.4 | Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva.....  | 53 |
| 2.3.2.5 | Áreas abiertas, sin o con poca vegetación.....  | 55 |
| 2.3.2.6 | Áreas Húmedas.....  | 57 |
| 2.3.2.7 | Superficies de agua.....  | 58 |
| 2.3.3   | Descripción de coberturas y usos por municipio ( A nivel de Zona 2)                       | 66 |
| 2.3.3.1 | Municipio de Fómeque .....  | 67 |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 4    |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 2.3.3.2 | Municipio de Gachalá.....   | 69  |
| 2.3.3.3 | Municipio de Gachetá.....   | 73  |
| 2.3.3.4 | Municipio de Gama .....   | 76  |
| 2.3.3.5 | Municipio de Guasca.....  | 79  |
| 2.3.3.6 | Municipio de Junín .....  | 82  |
| 2.3.3.7 | Municipio de Medina .....   | 85  |
| 2.3.3.8 | Municipio de Ubalá.....   | 88  |
| 2.3.4   | Usos del suelo.....   | 90  |
| 3       | SISMOLOGIA .....  | 92  |
| 3.1     | ACELERACIÓN HORIZONTAL .....  | 92  |
| 3.1.1   | Distancia entre sitio de estudio y un sismo.....                    | 92  |
| 3.1.2   | Calculo aceleración horizontal.....                                 | 93  |
| 3.2     | AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN A LOS VALORES DE ACELERACIÓN HORIZONTAL..... | 98  |
| 3.2.1   | Teorema de los Valores Máximos Extremos .....                       | 99  |
| 3.2.2   | Modelos de Umbrales.....  | 99  |
| 3.2.3   | Periodo de retorno y niveles de retorno.....                        | 100 |
| 3.2.4   | Histograma de los valores extremos de aceleración horizontal....    | 101 |
| 3.2.5   | Estimación de parámetros estadísticos .....                         | 101 |
| 3.2.6   | Represntaciones Gráficas .....                                      | 102 |
| 3.2.7   | Niveles de Retorno Municipio de estudio .....                       | 106 |
| 3.2.8   | Mapa de Valores de Aa .....   | 107 |
| 4       | CONCLUSIONES SISMOLOGIA.....  | 111 |
| 5       | BIBLIOGRAFIA.....   | 114 |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 5    |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

## LISTADO DE TABLAS

|  |            |
|--|------------|
| <b>Tabla 1. Listado de Planos de Cobertura y uso de suelo del estudio .....</b>  | <b>18</b>  |
| <b>Tabla 2. Características de las fotografías aéreas .....</b>  | <b>21</b>  |
| <b>Tabla 3. Cronograma de verificación en campo .....</b>  | <b>26</b>  |
| <b>Tabla 4. Leyenda Actualización del mapa de cobertura y uso actual de la tierra a escala 1:10.000 del área de jurisdicción de CORPOGUAVIO .....</b>  | <b>27</b>  |
| <b>Tabla 5. Leyenda de Actualización del mapa de cobertura y uso actual de la tierra a escala 1:25.000 del área de jurisdicción de CORPOGUAVIO - 2014 .....</b>  | <b>30</b>  |
| <b>Tabla 6. Porcentaje de ocupación por cobertura .....</b>  | <b>60</b>  |
| <b>Tabla 7. Tipos de cobertura por Municipio .....</b>   | <b>64</b>  |
| <b>Tabla 8. Tipos de cobertura Municipio de Fómeque .....</b>  | <b>68</b>  |
| <b>Tabla 9. Tipos de cobertura Municipio de Gachalá .....</b>  | <b>70</b>  |
| <b>Tabla 10. Tipos de cobertura Municipio de Gachetá .....</b>   | <b>73</b>  |
| <b>Tabla 11. Tipos de cobertura Municipio de Gama .....</b>  | <b>76</b>  |
| <b>Tabla 12. Tipos de cobertura Municipio de Guasca .....</b>  | <b>80</b>  |
| <b>Tabla 13. Tipos de cobertura Municipio de Junín .....</b>   | <b>82</b>  |
| <b>Tabla 14. Tipos de cobertura Municipio de Medina .....</b>  | <b>85</b>  |
| <b>Tabla 15. Tipos de cobertura Municipio de Ubalá .....</b>   | <b>88</b>  |
| <b>Tabla 16. Uso del Suelo .....</b>   | <b>90</b>  |
| <b>Tabla 17. Coordenadas Geográficas la zona de estudio .....</b>  | <b>92</b>  |
| <b>Tabla 18. Valores máximos de aceleración horizontal para cada año y para cada ecuación de atenuación para el Municipio de Ubalá .....</b>   | <b>94</b>  |
| <b>Tabla 19. Parámetros de las Distribución de Valores Extremos y Modelos de Umbrales para municipio de Ubalá. ....</b>  | <b>102</b> |
| <b>Tabla 20. Niveles de retorno de la aceleración pico efectiva para diseño para los periodos de retorno de 2, 50, 100, 225, 475 y 1000 años y el nivel de retorno según la NSR-10 para los municipios que componen el área de estudio .....</b> | <b>107</b> |
| <b>Tabla 21. Categorización de la Amenaza Sísmica .....</b>  | <b>109</b> |
| <b>Tabla 22. Valor Característico de la distribución exponencial de la Aa para los 8 municipios que componen la zona de estudio .....</b>  | <b>112</b> |

|                      |         |        |       |        |      |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 6    |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1 Localización a nivel nacional y departamental de la jurisdicción de Corpoguvavio .....  | 12 |
| Ilustración 2. Mapa General Área de estudio .....   | 13 |
| Ilustración 3 Metodología para la actualización del Mapa de Coberturas y Uso .....  | 16 |
| Ilustración 4 Fotografía Aérea Zona 2 Jurisdicción de Corpoguvavio .....  | 21 |
| Ilustración 5 Shapefile Cobertura_Uso_Corpoguvavio.....   | 23 |
| Ilustración 6 Proceso de reajuste inicial de la cobertura .....   | 24 |
| Ilustración 7 Determinación de puntos de control.....   | 25 |
| Ilustración 8 Formato Puntos de control de Coberturas .....   | 26 |
| Ilustración 9 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER. ....                               | 64 |
| Ilustración 10 Mapa general de coberturas y uso del suelo para la Jurisdicción de Corpoguvavio .....  | 66 |
| Ilustración 11. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Fómeque. ....   | 67 |
| Ilustración 12 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND para el Municipio de Fómeque. ....       | 69 |
| Ilustración 13. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Gachalá. ....   | 70 |
| Ilustración 14 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Gachalá. .... | 72 |
| Ilustración 15. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Gachetá.....  | 73 |
| Ilustración 16 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Gachetá.....  | 75 |
| Ilustración 17. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Gama. ....  | 76 |
| Ilustración 18 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Gama.....     | 78 |
| Ilustración 19. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Guasca.....   | 79 |
| Ilustración 20 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Guasca. ....  | 81 |
| Ilustración 21. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Junín. ....   | 82 |
| Ilustración 22 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Junín.....    | 84 |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 7    |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

|   |     |
|---|-----|
| Ilustración 23. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Medina. ....  | 85  |
| Ilustración 24 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Medina.....                                 | 87  |
| Ilustración 25. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Ubalá.....  | 88  |
| Ilustración 26 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Ubalá. ....                                 | 90  |
| Ilustración 27 Uso Del Suelo .....  | 91  |
| Ilustración 28. Distribución de Valores Extremos Generalizada con sus familias Weibull, Frechet y Gumbel .....  | 99  |
| Ilustración 29. Distribución de Pareto Generalizada con sus familias Exponencial, Pareto y Beta .....   | 100 |
| Ilustración 30. Función de densidad de probabilidad del nivel de retorno de un evento extremo.....  | 100 |
| Ilustración 31. Histograma de las aceleraciones horizontales máximas por año y diagrama de dispersión .....   | 101 |
| Ilustración 32. Representaciones gráficas para la aceleración horizontal máxima ajustada a la distribución de Valores Extremos Generalizada para el municipio de Ubalá..... | 103 |
| Ilustración 33. Representaciones gráficas para la aceleración horizontal máxima ajustada a la distribución Gumbel para el municipio de Ubalá.....                           | 104 |
| Ilustración 34. Representaciones gráficas para la aceleración horizontal máxima ajustada a la distribución Pareto Generalizada para el municipio de Ubalá.....              | 105 |
| Ilustración 35. Representaciones gráficas para la aceleración horizontal máxima ajustada a la distribución Exponencial para el municipio de Ubalá... ..                     | 106 |
| Ilustración 36 Localización de cada uno de los puntos en los cuales se realizó el ajuste a la distribución Exponencial para los 8 municipios .....                          | 108 |
| Ilustración 37 Mapa de Valores de Aa de la zona de estudio para un periodo de retorno de 475 años .....   | 109 |
| Ilustración 38 Mapa de Zona de Amenaza Sísmica de la zona de estudio para un periodo de retorno de 475 años .....   | 110 |
| Ilustración 39 Mapa del Valor Característico de la función de distribución exponencial de Aa para la zona de estudio.....   | 111 |

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

|   |    |
|---|----|
| Fotografía 1 Municipio de Junín .....               | 33 |
| Fotografía 2 Panorámica Tejido urbano continuo..... | 33 |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 8    |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

|   |    |
|---|----|
| Fotografía 3 Escuela .....  | 35 |
| Fotografía 4 Red vial Municipio de Gachetá.....   | 36 |
| Fotografía 5 Zona de extracción minera (gravillera) .....                               | 37 |
| Fotografía 6 Zona de extracción minera aledaña al Rio .....                             | 37 |
| Fotografía 7 Cementerio Municipio de Gachalá .....                                      | 38 |
| Fotografía 8 Parque Municipio de Junín.....   | 38 |
| Fotografía 9 Parque Principal Gachetá .....   | 38 |
| Fotografía 10 Al fondo Cultivo de Maíz .....  | 40 |
| Fotografía 11 Cultivo de fresa Municipio de Guasca.....                                 | 41 |
| Fotografía 12 Cultivos confinados .....   | 43 |
| Fotografía 13 Pastos Limpios Municipio de Junín. ....                                   | 44 |
| Fotografía 14 Al fondo Pastos limpios Municipio de Ubalá. ....                          | 44 |
| Fotografía 15 Pastos arbolados Municipio de Gachetá.....                                | 45 |
| Fotografía 16 Mosaico de Cultivos, pastos y espacios Naturales Municipio de Junín ..... | 47 |
| Fotografía 17 Mosaico de cultivos Municipio de Ubalá .....                              | 47 |
| Fotografía 18 Mosaico de pastos y espacios Naturales Municipio de Junín ....            | 48 |
| Fotografía 19 Al fondo Bosque denso alto de tierra firme .....                          | 49 |
| Fotografía 20 Al fondo Bosque abierto alto de tierra firme .....                        | 50 |
| Fotografía 21 Al fondo Bosques fragmentados con pastos y cultivos .....                 | 51 |
| Fotografía 22 Bosque ripario .....  | 52 |
| Fotografía 23 Plantación de pino Municipio de Ubalá .....                               | 53 |
| Fotografía 24 Vegetación de paramo .....  | 54 |
| Fotografía 25 Vegetación secundaria baja Municipio de Ubalá .....                       | 55 |
| Fotografía 26 Afloramiento rocosos vía Gachalá - Ubalá.....                             | 56 |
| Fotografía 27 Tierras desnudas y degradadas.....  | 57 |
| Fotografía 28 Zonas pantanosas.....   | 58 |
| Fotografía 29 Drenaje doble.....  | 59 |
| Fotografía 30 Panorámica rio .....  | 59 |
| Fotografía 31 Embalse del Guavio .....  | 60 |
| Fotografía 32 Cuerpo de agua artificial .....   | 60 |

## ANEXOS

ANEXO 1 Usos del Suelo

ANEXO 2 Sismología

Anexo 2-1 Aceleraciones horizontales

Anexo 2-2 Ajuste de distribuciones

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 9    |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



ESTUDIOS DE DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE AMENAZA Y CON CONDICIONES DE RIESGO, DETERMINANDO LAS MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA SU MITIGACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE MEDINA, FÓMEQUE, GUASCA, JUNÍN, GACHETÁ, UBALÁ, GAMA Y GACHALÁ  
CONTRATO No 200-12-3-391



VOLUMEN B TOMO IV SISMOLOGIA Y USOS DEL SUELO

## 1 GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Este documento presenta la recopilación de información, la interpretación de las observaciones realizadas durante la fase de reconocimiento en campo, indicando características sismológicas y usos del suelo de la zona 2 correspondiente a la zona rural de cada municipio. En general en el documento se presenta el numeral 1 Generalidades, numeral 2 Usos del suelo y cobertura, numeral 3 Sismología y por último se presenta el numeral 4 en el cual se presentan las conclusiones. La finalidad de éste documento es presentar los resultados finales correspondientes al contrato No 200-12-3-391, suscrito entre la Corpoguvio y el Consorcio J&G, el cual contempla los ESTUDIOS DE DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE AMENAZA Y CON CONDICIONES DE RIESGO, DETERMINANDO LAS MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA SU MITIGACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE MEDINA, FÓMEQUE, GUASCA, JUNÍN, GACHETÁ, UBALÁ GAMA Y GACHALÁ, el cual permitirá identificar y definir las zonas de riesgo y presentar medidas geotécnicas que ayuden a mitigar dicho riesgo.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 10   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo general

Realizar el estudio y clasificación del comportamiento sísmico, cobertura y uso del suelo en la región del Guavio, discriminándola por cada zona rural de los municipios de la región.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Dentro de los objetos específicos están los siguientes:

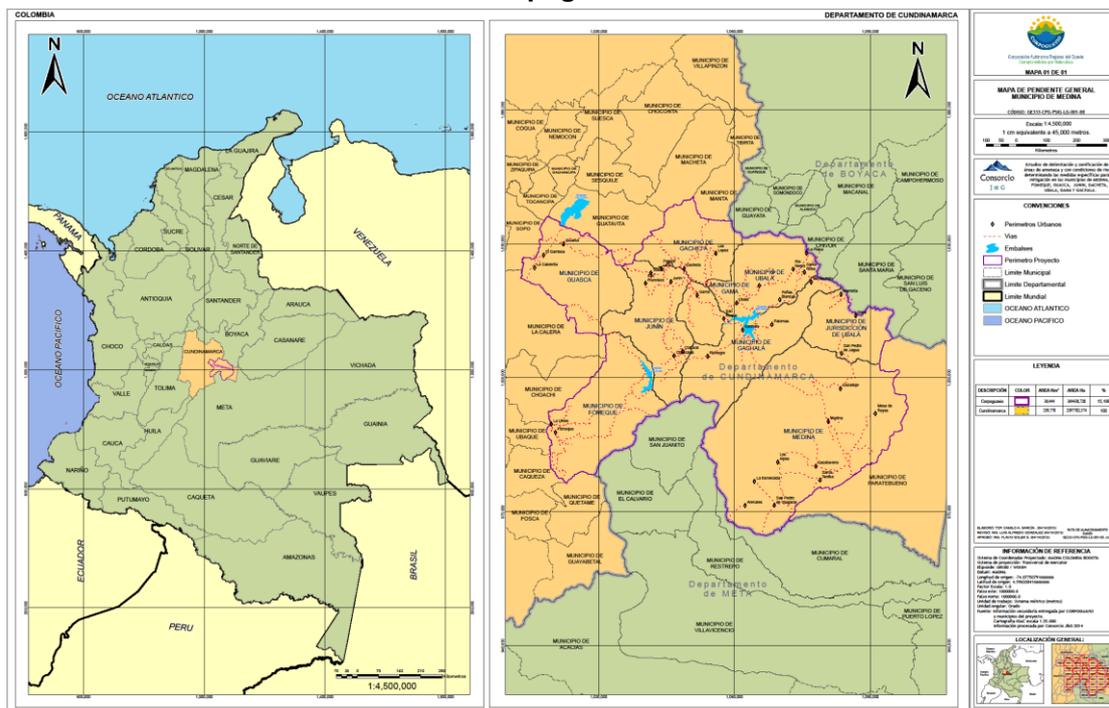
- Recopilar, revisar y analizar la información existente.
- Definir las características de respuesta sísmica de la zona y uso del suelo que permitan determinar un diagnóstico geotécnico de los problemas asociados a movimientos por causas sísmicas.
- Identificar los procesos de inestabilidad actual y potencial, estableciendo los mecanismos de falla presentes, área de influencia y grado de actividad.
- Identificar los factores contribuyentes y detonantes de los procesos de movimientos en suelo o roca.
- Identificar la vulnerabilidad de los elementos, estructuras, infraestructura existente, frente a las amenazas identificadas.
- Identificar, caracterizar y delimitar las áreas definidas como de amenaza (alta, media y baja), vulnerabilidad (alta, media y baja) y riesgo mitigable y no mitigable, para cada municipio de la región del Guavio
- Definir y estructurar las recomendaciones y acciones para la prevención del riesgo de desastres y mitigación de riesgos para cada uno de los municipios.
- Realizar el inventario de cobertura biofísica y uso de la tierra, a escala 1:25.000 en 366.248,55 Ha, en la jurisdicción de CORPOGUAVIO, mediante el uso de la metodología Corine Land Cover 2010.
- Establecer los tipos de cobertura presentes en cada uno de los Municipios que hacen parte de la jurisdicción de CORPOGUAVIO y el uso dado a los mismos.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 11   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### 1.3 LOCALIZACIÓN

El Departamento de Cundinamarca está situado en el Centro del país. Cuenta con un área de 24.210 km<sup>2</sup>. Cundinamarca limita al Norte con el departamento de Boyacá, al Oriente con el departamento del Meta, por el Sur con el Huila, y por el Occidente con el Tolima y Caldas.<sup>1</sup> (Ver Ilustración 1) Plano GE33-CPG-PSIG-LG-001-00

Ilustración 1 Localización a nivel nacional y departamental de la jurisdicción de Corpogavio



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014.

Para mayor detalle de la anterior ilustración ver Volumen B Regional, Tomo I Cartografía y definición área de estudio zona 2, Anexo 4 Planos base, Mapa de localización, Plano GE33-CPG-PSIG-LG-001-00.

El área que contempla el presente estudio corresponde a región del Guavio la cual forma parte del departamento de Cundinamarca y se encuentra localizada al orientador del departamento. La región del Guavio está conformada por 8 municipios; Guasca, Junín, Gachetá, Gachalá, Ubalá, Gama, Medina y Fómeque, cuenta con un área de 364475.399 Hectáreas de acuerdo a lo

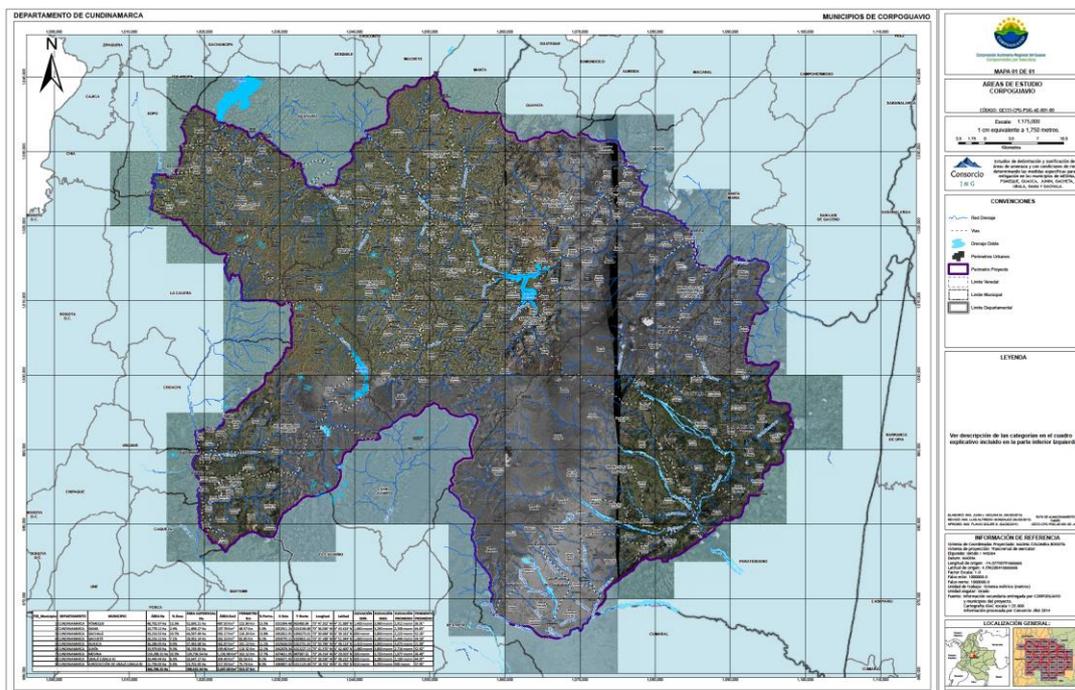
<sup>1</sup> Tomando como referencia la página web: <http://www1.cundinamarca.gov.co/gobernacion/Departamento/Datosgenerales/L%C3%ADmites/tabid/118/lanuag/e/es-ES/Default.aspx>, consultada el día 12/11/2014.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 12   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

definido por el CONSORCIO J&G. Limita al norte con los municipios de Guatavita, Manta, Macheta y con el departamento de Boyacá , al oriente con el municipio de Paratebuena y el departamento de Boyacá , al sur con el municipio de Quetame y el departamento del Meta y al occidente con los municipios de Sopo, La Calera, Choachi, Ubaque y Caqueza. (Ver Ilustración 1)

En la Ilustración 2 se presenta la imagen del plano general del área de estudio correspondiente a la jurisdicción de Corpoguavio, dicho plano presenta la imagen aérea con los límites municipales, red de drenaje sencillo y red de drenaje doble, embalses, lagunas, Imagen aérea general “ortofoto”, perímetros municipales.

**Ilustración 2. Mapa General Área de estudio**



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para mayor detalle de la anterior ilustración ver Volumen B, Tomo I Cartografía y definición área de estudio, Anexo 3 Plano Def. área de estudio zona 2, plano GE333-CPG-PSIG-AE-001-00, Esta información se presenta a escala general 1:150.000 y a escala general por cada municipio.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 13   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

## 2 USOS DEL SUELO Y COBERTURA

### 2.1 RECOPIACIÓN, REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA

#### 2.1.1 Información Cartográfica

Para el análisis de información secundaria se contó con un mapa preliminar de coberturas y uso del suelo a escala 1:10.000, el cual contaba con una clasificación basada en la Metodología CORINE Land Cover 2008, por lo que fue necesario realizar la actualización de la misma aplicando la Metodología CORINE Land Cover 2010, adaptada para Colombia, obteniendo como resultado el mapa de coberturas y uso del suelo a escala 1:25.000.

Adicional a lo anterior se contó con información por Municipio, que fue implementada para el análisis de coberturas y usos del suelo.

Para el área rural de los municipios se analizó la Cartografía obtenida del proyecto elaborado por el Centro de Investigación y Desarrollo CID de la Universidad Nacional de Colombia, cofinanciado por la Gobernación de Cundinamarca y la Corporación Autónoma Regional del Guavio 2000-2001, aprobados bajo el Esquema de Ordenamiento Territorial de los Municipio en jurisdicción de Corpoguavio.

Dentro de los insumos analizados se encuentra el Mapa de uso a escala 1:44.000, en este se definen los diferentes tipos de uso dados al territorio como los son Bosques, Vegetación de paramo, Rastrojos, Cultivos cuerpos de agua, Misceláneos, Pastos, Tierras eliares, Tierras con erosión, Afloramiento rocosos, zonas Mineras, entre otros.

Por su parte en los Mapas de zonificación a Escala 1:44.000, se presentan las diferentes zonas clasificadas como Zonas Usos Urbanos o Centros Poblados Rurales, Parque Naturales, Zona de Manejo Cuencas, Zona de Amortiguación, Zonas Aptitud Forestal Productora – Protectora, Zona de Uso Agrosilvopastoril, Zona Restauración de Suelos, Zonas Aptas para Desarrollo Agropecuario Intensivo y Zonas Aptas Para Desarrollo Agropecuario Extensivo, entre otras.

De la misma manera para la Zona Urbana de cada uno de los municipios se contó con el Mapa de uso predial a escala 1:44.000, clasificado en varias categorías como: Comercio, Institucional y Residencial; y el mapa de

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 14   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

zonificación a escala 1:44.000, en el que se clasifica el territorio urbano en zona de conservación paisajística, zonas verdes y recreativas, edificios de conservación arquitectónica, zona de construcción urbana tipo 1, zonas de conservación urbanística, zona de construcción urbana tipo 3, zona de consolidación tipo 1, zona de consolidación tipo 2, zona de uso institucional, zona para vivienda de interés social, zona de desarrollo habitacional y zona de mejoramiento integral, entre otras.

Cada una de estas clasificaciones es descrita de manera integral y detallada para cada uno de los Municipios en los Esquema de Ordenamiento Territorial y fueron tomadas como base para la verificación de las coberturas interpretadas.

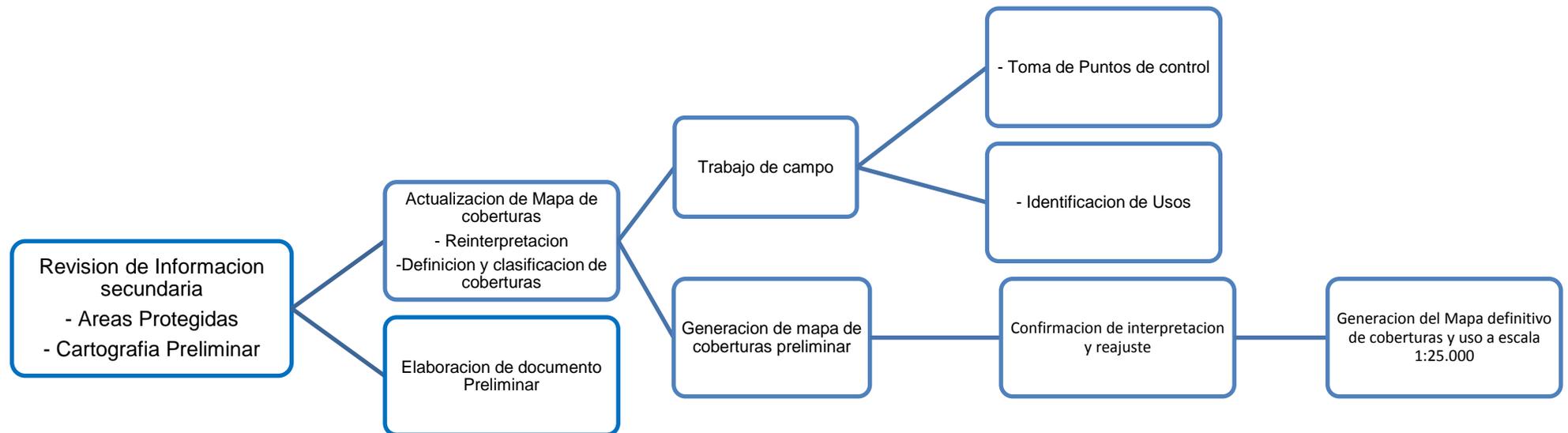
Como base para la identificación de áreas sensibles o de importancia ambiental se contó con el documento titulado Reseña de las Áreas Protegidas Regionales; en él se describen 12 Reservas Forestales Protectoras ubicadas en los Municipios de Gachetá, Junín, Gachalá, Guasca, Ubalá y Fómeque.

## 2.2 COBERTURA VEGETAL

Para la actualización del mapa de coberturas y uso se desarrollo la metodología presentada de manera grafica en la Ilustración 3, y en el Volumen A Generalidades, Tomo II Informe de recopilación, revisión, analisis de información secundaria y metodologias; se presenta el documento donde se muestra la metodología utilizada para el desarrollo de la actividad

|                      |         |        |       |        |      |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 15   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 3 Metodología para la actualización del Mapa de Coberturas y Uso**



| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 16   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

## 2.2.1 Caracterización de la cobertura vegetal

Para el desarrollo del presente documento y actualización del mapa de coberturas y uso de la tierra en jurisdicción de CORPOGUAVIO, fue necesaria la implementación de cuatro (4) fases de trabajo:

1. Revisión de información secundaria
2. Fase de oficina o fase ejecutoria
3. Fase de campo
4. Fase de reajuste y elaboración de informe final

### 2.2.1.1 Revisión de información secundaria

El objetivo de esta etapa fue recopilar la información con la que se cuenta, para así determinar qué información se requiere para la generación de los mapas de cobertura y uso de la tierra en jurisdicción de CORPOGUAVIO a escala 1:25.000.

La etapa inicial de trabajo correspondió a la revisión de información secundaria que sirvió de apoyo para el conocimiento de la zona de estudio, así mismo se estimaron los tiempos de trabajo y los tiempos de desplazamientos entre otros.

En dicha revisión de información y análisis se tuvieron en cuenta las diferentes fuentes de información como CORPOGUAVIO, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, bibliotecas entre otras, relevantes para el desarrollo del estudio.

El principal insumo utilizado fue una serie de ortofotos producidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2010). Se contó con un orto mosaico general de las mismas para el área rural y fotografías más detalladas para las zonas urbanas presentes en la jurisdicción (Fómeque, Gachalá, Gachetá, Gama, Guasca, Junín, Medina y Ubalá).

Adicional a lo anterior se contó con el Shapefile denominado Cobertura\_Uso\_Corpoguavio, generado en el proyecto “Actualización del mapa de cobertura y uso actual de la tierra a escala 1:10.000 del área de jurisdicción de CORPOGUAVIO” ejecutado a través del Contrato N° 200-12-3-579 del 29 de Diciembre de 2008.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 17   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Así mismo los Mapas de uso predial, Mapas de zonificación y Mapas de uso a escala 1:44.000 de cada uno de los municipios fueron insumos que sirvieron de soporte para la determinación del uso del suelo en el área de estudio.

Como parte de la elaboración del proyecto, se realizaron una serie de actividades que involucran la información geográfica ajustada a las necesidades del proyecto. Por otra parte, los términos de referencia estipulan la presentación de información geográfica por medio de cartografía plana según el tema a tratar; involucrando términos de escala que para el caso de cobertura vegetal y uso del suelo corresponde al listado que se encuentra en la Tabla 1.

**Tabla 1. Listado de Planos de Cobertura y uso de suelo del estudio**

| CONSECUTIVO | PLANO     | ESCALA          | MUNICIPIO      | PLANCHA_IGAC             |
|-------------|-----------|-----------------|----------------|--------------------------|
| 1           | 1         | 1:25000         | FÓMEQUE        | 228IIID                  |
| 2           | 2         | 1:25000         | FÓMEQUE        | 228IVC                   |
| 3           | 3         | 1:25000         | FÓMEQUE        | 247IB                    |
| 4           | 4         | 1:25000         | FÓMEQUE        | 247IIA                   |
| 5           | 5         | 1:25000         | FÓMEQUE        | 247IIB                   |
| 6           | 6         | 1:25000         | FÓMEQUE        | 247ID                    |
| 7           | 7         | 1:25000         | FÓMEQUE        | 247IIC                   |
| 8           | 8         | 1:25000         | FÓMEQUE        | 247IID                   |
| 9           | 9         | 1:25000         | FÓMEQUE        | 247IIIB                  |
| <b>10</b>   | <b>10</b> | <b>AJUSTADA</b> | <b>FÓMEQUE</b> | <b>GENERAL MUNICIPIO</b> |
| 11          | 1         | 1:25000         | GACHALÁ        | 229ID                    |
| 12          | 2         | 1:25000         | GACHALÁ        | 228IVB                   |
| 13          | 3         | 1:25000         | GACHALÁ        | 229IIIA                  |
| 14          | 4         | 1:25000         | GACHALÁ        | 229IIIB                  |
| 15          | 5         | 1:25000         | GACHALÁ        | 228IVD                   |
| 16          | 6         | 1:25000         | GACHALÁ        | 229IIIC                  |
| 17          | 7         | 1:25000         | GACHALÁ        | 247IIB                   |
| 18          | 8         | 1:25000         | GACHALÁ        | 248IA                    |
| <b>19</b>   | <b>9</b>  | <b>AJUSTADA</b> | <b>GACHALÁ</b> | <b>GENERAL MUNICIPIO</b> |
| 20          | 1         | 1:25000         | GACHETÁ        | 228IIA                   |
| 21          | 2         | 1:25000         | GACHETÁ        | 228IIB                   |
| 22          | 3         | 1:25000         | GACHETÁ        | 229IA                    |
| 23          | 4         | 1:25000         | GACHETÁ        | 228IIC                   |
| 24          | 5         | 1:25000         | GACHETÁ        | 228IID                   |
| <b>25</b>   | <b>6</b>  | <b>AJUSTADA</b> | <b>GACHETÁ</b> | <b>GENERAL MUNICIPIO</b> |
| 26          | 1         | 1:25000         | GAMA           | 228IID                   |

| CONSECUTIVO | PLANO     | ESCALA          | MUNICIPIO     | PLANCHA_IGAC             |
|-------------|-----------|-----------------|---------------|--------------------------|
| 27          | 2         | 1:25000         | GAMA          | 228IVB                   |
| 28          | 3         | 1:25000         | GAMA          | 228IVD                   |
| <b>29</b>   | <b>4</b>  | <b>AJUSTADA</b> | <b>GAMA</b>   | <b>GENERAL MUNICIPIO</b> |
| 30          | 1         | 1:25000         | GUASCA        | 228IB                    |
| 31          | 2         | 1:25000         | GUASCA        | 228IC                    |
| 32          | 3         | 1:25000         | GUASCA        | 228ID                    |
| 33          | 4         | 1:25000         | GUASCA        | 228IIC                   |
| 34          | 5         | 1:25000         | GUASCA        | 228IIB                   |
| 35          | 6         | 1:25000         | GUASCA        | 228IVA                   |
| <b>36</b>   | <b>7</b>  | <b>AJUSTADA</b> | <b>GUASCA</b> | <b>GENERAL MUNICIPIO</b> |
| 37          | 1         | 1:25000         | JUNÍN         | 228IIC                   |
| 38          | 2         | 1:25000         | JUNÍN         | 228IID                   |
| 39          | 3         | 1:25000         | JUNÍN         | 228IVA                   |
| 40          | 4         | 1:25000         | JUNÍN         | 228IVB                   |
| 41          | 5         | 1:25000         | JUNÍN         | 228IVC                   |
| 42          | 6         | 1:25000         | JUNÍN         | 228IVD                   |
| 43          | 7         | 1:25000         | JUNÍN         | 247IIA                   |
| 44          | 8         | 1:25000         | JUNÍN         | 247IIB                   |
| <b>45</b>   | <b>9</b>  | <b>AJUSTADA</b> | <b>JUNÍN</b>  | <b>GENERAL MUNICIPIO</b> |
| 46          | 1         | 1:25000         | MEDINA        | 229IIIC                  |
| 47          | 2         | 1:25000         | MEDINA        | 229IIID                  |
| 48          | 3         | 1:25000         | MEDINA        | 229IVC                   |
| 49          | 4         | 1:25000         | MEDINA        | 247IIB                   |
| 50          | 5         | 1:25000         | MEDINA        | 248IA                    |
| 51          | 6         | 1:25000         | MEDINA        | 248IB                    |
| 52          | 7         | 1:25000         | MEDINA        | 248IIA                   |
| 53          | 8         | 1:25000         | MEDINA        | 247IID                   |
| 54          | 9         | 1:25000         | MEDINA        | 248IC                    |
| 55          | 10        | 1:25000         | MEDINA        | 248ID                    |
| 56          | 11        | 1:25000         | MEDINA        | 248IIC                   |
| 57          | 12        | 1:25000         | MEDINA        | 247IVB                   |
| 58          | 13        | 1:25000         | MEDINA        | 248IIIA                  |
| 59          | 14        | 1:25000         | MEDINA        | 248IIIB                  |
| 60          | 15        | 1:25000         | MEDINA        | 247IVD                   |
| 61          | 16        | 1:25000         | MEDINA        | 248IIIC                  |
| <b>62</b>   | <b>17</b> | <b>AJUSTADA</b> | <b>MEDINA</b> | <b>GENERAL MUNICIPIO</b> |
| 63          | 1         | 1:25000         | UBALÁ         | 229IA                    |

| CONSECUTIVO | PLANO     | ESCALA          | MUNICIPIO    | PLANCHA_IGAC             |
|-------------|-----------|-----------------|--------------|--------------------------|
| 64          | 2         | 1:25000         | UBALÁ        | 228IID                   |
| 65          | 3         | 1:25000         | UBALÁ        | 229IC                    |
| 66          | 4         | 1:25000         | UBALÁ        | 229ID                    |
| 67          | 5         | 1:25000         | UBALÁ        | 228IVB                   |
| 68          | 6         | 1:25000         | UBALÁ        | 229IIIA                  |
| 69          | 7         | 1:25000         | UBALÁ        | 229IIIB                  |
| 70          | 8         | 1:25000         | UBALÁ        | 229IVA                   |
| 71          | 9         | 1:25000         | UBALÁ        | 229IIID                  |
| 72          | 10        | 1:25000         | UBALÁ        | 229IVC                   |
| <b>73</b>   | <b>11</b> | <b>AJUSTADA</b> | <b>UBALÁ</b> | <b>GENERAL MUNICIPIO</b> |

Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para la elaboración de los procesos que se desarrollan en el manejo de la información geográfica se utiliza el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia y densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas denominado (MAGNA-SIRGAS) y por su localización geográfica se utilizan el origen Bogotá.

La recolección de información consistió en recepcionar, buscar, conseguir y almacenar información geográfica, básica o temática del área de cartografía del proyecto, dentro de las cuales se tuvo las siguientes fuentes:

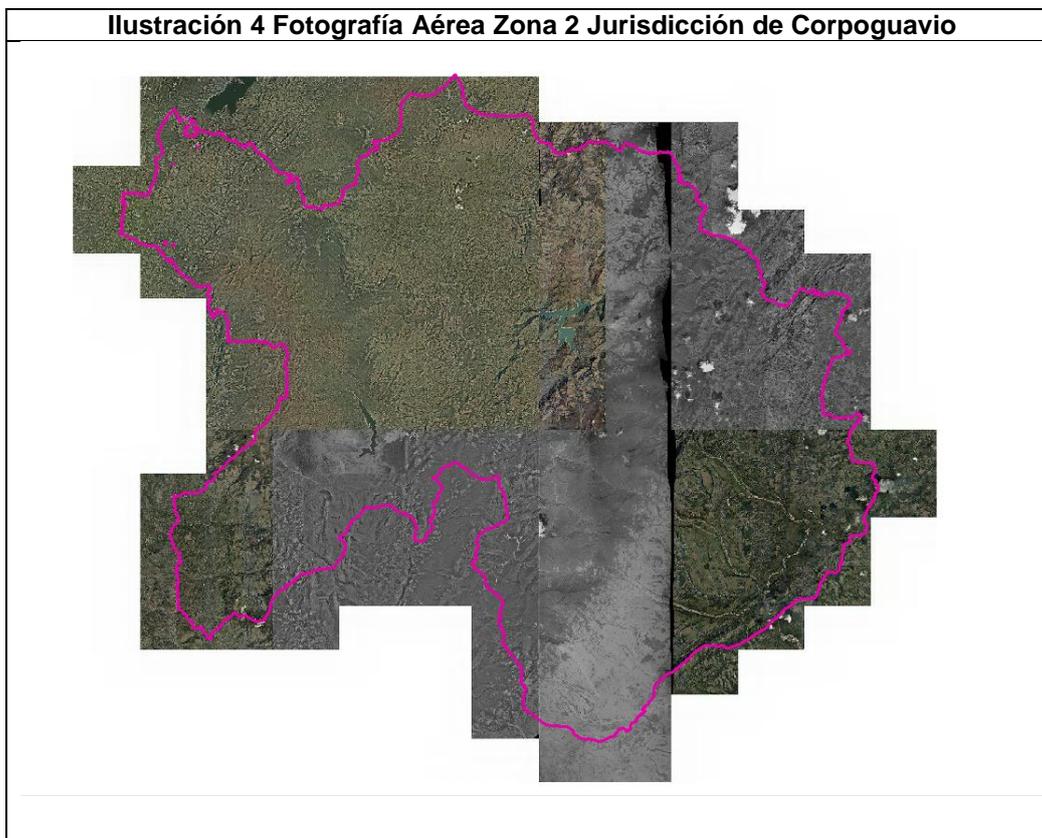
- Recolección de fuentes oficiales:
- Planes de ordenamiento de los Municipios de Fómeque, Gachalá, Gachetá, Gama, Guasca, Junín, Medina y Ubalá

Información de teledetección remota:

- Se contó con una serie de fotografías aéreas (Ver Ilustración 4). Las fotografías aéreas implementadas para la zona rural presentan una fecha de toma del año 2010.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 20   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 4 Fotografía Aérea Zona 2 Jurisdicción de Corpoguavio**



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Las fotografías permitieron capturar la zona con precisiones para escala 1:25.000 y 1:2.000, gracias a la buena calidad de las imágenes. A continuación en la se presenta la información de cada una de las fotografías implementadas

**Tabla 2. Características de las fotografías aéreas**

| N° | FOTOGRAFIAS AEREAS | TAMAÑO DE PIXEL | N° DE BANDAS |
|----|--------------------|-----------------|--------------|
| 1  | ORTOFOTO TOTAL     | 0,5             | 3            |

Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

En el área rural: la captura se realiza con precisiones de escala 1:25.000, utilizando imágenes de 3 bandas de información visible (rojo, azul y verde).

La Unidad mínima cartografiable fue aquella que, en el papel, represento una unidad cuadrada de 0.5 cm. de lado a escala 1:25.000, 125 metros de lado, es decir 1,56.ha.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 21   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

## ▪ Vectorización y Geoprocesamiento

En este paso se realizaron todos los procesos, análisis y capturas para digitalizar la información temática de cobertura y uso, con el fin de alimentar la base de datos geográficos. Los resultados se agruparon en polígonos.

## ▪ Llenado de Bases de Datos

La consolidación de la información geográfica se realizó de acuerdo con lo establecido en la resolución 1415 de 2013, donde además de los trazos geográficos, se complementaron los datos que los representan es decir, a los polígonos se les adjunto información que describe las características del mismo teniendo en cuenta la unidad de cobertura y uso que representa.

## ▪ Calidad temática

Revisada la integridad temática de la información geográfica, las unidades deben corresponder a lo evidenciado en campo, por ejemplo: un bosque denso capturado por interpretación de cobertura sea realmente un bosque denso y no una vegetación secundaria densa o que las unidades de cobertura al comparar con una imagen correspondan al mismo polígono (que no se dividan, clasifiquen mal, o queden mal trazados), para esto se tuvo en cuenta información primaria como visitas a campo, textura en imágenes recientes, y homologación como otras imágenes. Y fue este el primer proceso de calidad que se aplicó a la base de datos.

## ▪ Calidad de consistencia temática

Se revisó que no existieran errores humanos, como códigos mal capturados, descripciones sin correspondencia, por ejemplo: una descripción de una unidad de cobertura se le asigna a otra. Este fue la segunda prueba de calidad que se le realizo a la información.

## ▪ Calidad Geométrica o topológica

Se revisó que los polígonos no se traslaparan y que no se presentaran espacios.

Esta información se cruzó con el modelo digital de elevación (DEM) de 90 m para analizar los rasgos geomorfológicos del área de estudio.

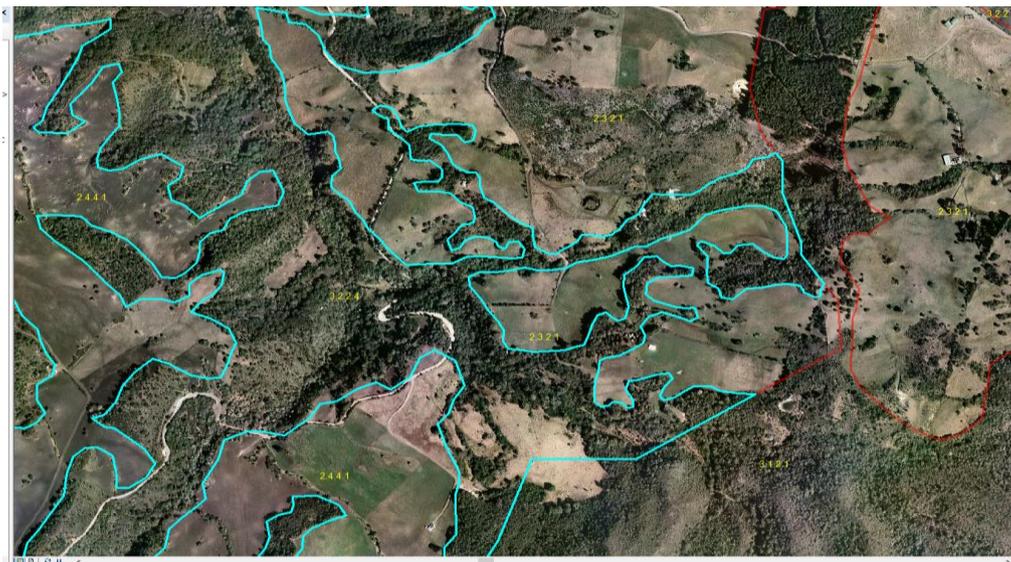
| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 22   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### 2.2.1.2 Fase de oficina o Fase ejecutoria

Dando cumplimiento con los términos de referencia para la interpretación de cobertura vegetal, la actualización se llevó a cabo determinando una escala de interpretación de 1:25.000, en áreas rurales y 1:2.000 en áreas urbanas. Se implementó la serie de ortofotos antes mencionadas en el programa ArcGIS 10.2

Para la caracterización de las coberturas de la tierra, se realizó inicialmente una labor de oficina, en la cual se efectuó una reinterpretación básica del Shapefile Cobertura\_Uso\_Corpoguavio Ilustración 5, que dio como resultado un mapa preliminar de coberturas de la tierra actualizado, en el que se delimitaron nuevos polígonos como se observa en la Ilustración 6.

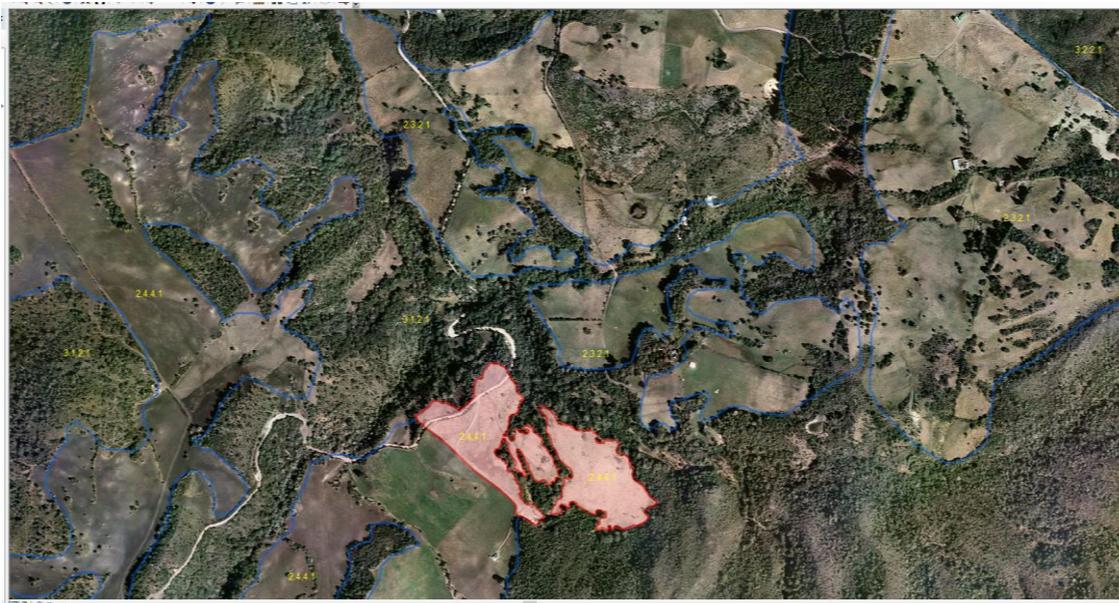
Ilustración 5 Shapefile Cobertura\_Uso\_Corpoguavio



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 23   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### Ilustración 6 Proceso de reajuste inicial de la cobertura



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

La identificación y reajuste de las coberturas de la tierra del área de estudios se realizó con base en los fundamentos básicos de la fointerpretación como lo son: tono, textura, patrón, forma y tamaño de los diferentes polígonos que conforman la capa de coberturas.

A partir de las fotografías aéreas se realizó la reinterpretación de la cobertura vegetal del área de influencia del Estudio, implementando el programa Arcgis 10.2; donde se cargó la Ortofoto, se determinó el área cartografiable del proyecto y por medio de una reinterpretación manual realizada por un intérprete experto, se aplicaron los fundamentos básicos de interpretación, una vez reconocidas, identificadas y agrupadas las áreas se procedió a realizar la clasificación de las mismas implementando la metodología CORINE Land Cover 2010, adaptada para Colombia; obteniendo como producto general un mapa preliminar de coberturas, el cual fue la base para definir los puntos de verificación o control de cada una de las coberturas presentes, en el área de interés. (Ver Ilustración 7)

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 24   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### Ilustración 7 Determinación de puntos de control



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

#### 2.2.1.3 Fase de campo

Teniendo como base el mapa preliminar se realizó una verificación de las coberturas identificadas y/o donde se tiene alguna duda, para su corroboración o cambio pertinente. Dicho ejercicio se llevó a cabo en la fase de campo; en la cual el profesional Forestal tomo puntos de control con ayuda de un GPS y fotografías de soporte con el fin de confirmar o ajustar la interpretación realizada; y de esta manera generar el Mapa de Coberturas definitivo para el área de interés.

Para la toma de puntos de control se implementó el formato que se muestra en la Ilustración 8, en él se consignaron datos como: Municipio, Vereda, coordenadas planas, tipo de cobertura, uso dado a la cobertura, número de fotografía, entre otros; indispensables estos para la actualización del Mapa de Cobertura vegetal.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 25   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### Ilustración 8 Formato Puntos de control de Coberturas

Proyecto N°: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_  
 Elaborado por: \_\_\_\_\_

| N° del Punto | Departamento | Municipio | Vereda | Coordenada |   | Altitud | Tipo de Cobertura | Uso del Suelo | N° de Fotografía |
|--------------|--------------|-----------|--------|------------|---|---------|-------------------|---------------|------------------|
|              |              |           |        | X          | Y |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |
|              |              |           |        |            |   |         |                   |               |                  |

La fase de campo se desarrolló en un periodo de diez (10) días, en el que se realizó un recorrido por los diferentes municipios que hacen parte del área de interés del estudio. Se contó con un vehículo para el desplazamiento del profesional encargado de la toma de puntos de control y con la ayuda de un poblador de cada una de las zonas se determinó el uso dado a las diferentes coberturas, la información capturada con ayuda del GPS y la cámara fotográfica fue procesada en oficina una vez se culminaron los trabajos en campo.

El cronograma de desplazamientos para la verificación de puntos de control se desarrolló como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3. Cronograma de verificación en campo**

| Día | Actividad                       | Resultados                                     |
|-----|---------------------------------|--|
| 1   | Desplazamiento Bogotá - Guasca  | Toma de puntos de control Municipio de Guasca  |
| 2   | Desplazamiento Guasca - Junín   | Toma de puntos de control Municipio de Junín   |
| 3   | Desplazamiento Junín - Gachetá  | Toma de puntos de control Municipio de Gachetá |
| 4   | Desplazamiento Gachetá - Gama   | Toma de puntos de control Municipio de Gama    |
| 5   | Desplazamiento Gama - Gachalá   | Toma de puntos de control Municipio de Gachalá |
| 6   | Desplazamiento Gachalá - Medina | Toma de puntos de control Municipio de Medina  |
| 7   | Desplazamiento Medina - Ubalá   | Retorno  |

| Día | Actividad                       | Resultados   |
|-----|---------------------------------|--|
| 8   | Desplazamiento Ubalá            | Toma de puntos de control Municipio de Ubalá             |
| 9   | Desplazamiento Ubalá - Bogotá   | Retorno  |
| 10  | Desplazamiento Bogotá – Fómeque | Toma de puntos de control Municipio de Fómeque – Retorno |

Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

### 2.2.1.4 Fase de reajuste y elaboración de informe final

El reajuste de la cobertura y el uso de la tierra se realizó una vez se finalizó la verificación de los puntos de control en campo.

Los puntos obtenidos en campo fueron cargados al programa ArcGis 10.2 con el fin de corroborar y actualizar la clasificación realizada y determinar de manera definitiva la leyenda temática.

Así mismo, el informe técnico se realizó con base en la información colectada en oficina y campo, se realizó la descripción puntual de cada una de las coberturas presentes en la zona y su uso actual. Obteniendo así el Shapefile final a escala 1:25.000 para el área rural (Zona 2).

## 2.3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA CARACTERIZACION DE COBERTURAS

### 2.3.1 Analisis de información preliminar

En el documento denominado Actualización del mapa de cobertura y uso actual de la tierra a escala 1:10.000 del área de jurisdicción de CORPOGUAVIO, elaborado mediante el Contrato N° 200-12-3-579 en Diciembre de 2009, se realizó la caracterización de coberturas obteniendo como resultado la siguiente leyenda basada en la Metodología Corine Land Cover desarrollada para la Cuenca Cauca-Magdalena elaborada conjuntamente por el IDEAM, IGAC, Sinchi, IAvH y la UAESPNN en el año 2008. (Ver Tabla 4)

**Tabla 4. Leyenda Actualización del mapa de cobertura y uso actual de la tierra a escala 1:10.000 del área de jurisdicción de CORPOGUAVIO**

| SIMB_COB | NIVEL_1     | NIVEL_2           | NIVEL_3                | NIVEL_4     |
|----------|-------------|-------------------|------------------------|-------------|
| 1.1.1.1  | Territorios | Zonas urbanizadas | Tejido urbano continuo | Residencial |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 27   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

| SIMB_COB | NIVEL_1                                 | NIVEL_2                                   | NIVEL_3   | NIVEL_4  |
|----------|---|---|---|--|
| 1.1.2.1  | Artificializados                        |   | Tejido urbano discontinuo   | Residencial  |
| 1.2.1.1  |   | Zonas industriales o comerciales          | Zonas industriales o comerciales  | Producción de cemento  |
| 1.2.5.1  |   |   | Obras hidráulicas   | Generación de energía  |
| 1.3.1.1  |   | Zonas de extracción mineras y escombreras | Explotaciones mineras   | Producción de piedras y arena para construcción                |
| 2.1.1.1  | Territorios Agrícolas                   | Cultivos anuales o transitorios           | Otros cultivos anuales o transitorios   | Producción alimentaria, cultivos comerciales                   |
| 2.1.4.1  |   |   | Papa  | Producción alimentaria, cultivos comerciales                   |
| 2.1.5.1  |   |   | Maíz  | Producción alimentaria, cultivos comerciales y de subsistencia |
| 2.1.5.2  |   |   | Arveja  | Producción alimentaria, cultivos comerciales                   |
| 2.2.1.1  |   | Cultivos semipermanentes y permanentes    | Otros cultivos permanentes  | Producción alimentaria, cultivos comerciales                   |
| 2.2.3.1  |   |   | Caña panelera   | Producción alimentaria, cultivos comerciales                   |
| 2.2.4.1  |   |   | Plátano   | Producción alimentaria, cultivos comerciales y de subsistencia |
| 2.2.5.1  |   |   | Café  | Producción alimentaria, cultivos comerciales                   |
| 2.2.8.1  |   |   | Cítricos  | Producción alimentaria, cultivos comerciales                   |
| 2.2.9.1  |   |   | Cultivos confinados (viveros y flores)  | Producción agrícola comercial                                  |
| 2.2.9.2  |   |   | Fresa   | Producción alimentaria, cultivos comerciales                   |
| 2.2.9.3  |   |   | Tomate  | Producción alimentaria, cultivos comerciales                   |
| 2.3.1.1  |   | Pastos                                    | Pastos tecnificados   | Ganadería semiintensiva y extensiva                            |
| 2.3.1.2  |   |   | Pastos limpios  | Ganadería extensiva  |
| 2.3.2.1  |   |   | Pastos arbolados  | Ganadería extensiva  |
| 2.3.3.1  |   |   | Pastos enmalezados o enrastrados  | Ganadería extensiva  |
| 2.3.4.1  | Pastos en suelos erosionados            |   | Ganadería extensiva y recuperación de áreas deterioradas                                |  |
| 2.4.1.1  | Áreas agrícolas heterogéneas - mosaicos | Plátano y otros cultivos                  | Producción alimentaria, cultivos comerciales  |  |
| 2.4.1.2  |   | Frutales y otros cultivos                 | Producción alimentaria, cultivos comerciales  |  |
| 2.4.2.1  |   | Caña panelera, pastos y otros cultivos    | Producción alimentaria, cultivos comerciales y de subsistencia alternando con ganadería |  |
| 2.4.2.2  |   | Maíz, pastos y otros cultivos             | Producción alimentaria, cultivos comerciales y de subsistencia alternando con ganadería |  |
| 2.4.2.3  |   | Papa y otros cultivos                     | Producción alimentaria, cultivos comerciales y de subsistencia alternando con ganadería |  |
| 2.4.2.4  |   | Mosaico de pastos y cultivos              | Pastos y cultivos de clima medio  | Producción alimentaria, cultivos comerciales y de subsistencia |

VOLUMEN B TOMO IV SISMOLOGIA Y USOS DEL SUELO

| SIMB_COB | NIVEL_1                                  | NIVEL_2   | NIVEL_3                                     | NIVEL_4   |
|----------|--|---|---|---|
|          |  |   |   | alternando con ganadería  |
| 2.4.2.5  |  |   | Pastos y cultivos de clima frío             | Producción alimentaria, cultivos comerciales y de subsistencia alternando con ganadería |
| 2.4.4.1  |  | Pastos  | Mosaico de pastos con espacios naturales    | Ganadería extensiva   |
| 2.5.1.1  |  | Cultivos semipermanentes y permanentes  | Galpones                                    | Producción avícola  |
| 3.1.1.1  | Bosques y áreas seminaturales            | Bosques   | Bosque natural denso                        | Forestería de protección  |
| 3.1.2.1  |  |   | Bosque natural fragmentado                  | Forestería de protección y producción   |
| 3.1.3.1  |  |   | Bosque de galería y/o ripario               | Forestería de protección  |
| 3.1.5.1  |  |   | Bosque plantado                             | Forestería de protección y producción   |
| 3.1.6.1  |  |   | Bosque con predominio de Guadua             | Forestería de protección en rondas de nacimientos                                       |
| 3.1.6.2  |  |   | Bosque secundario fragmentado               | Forestería de protección  |
| 3.1.7.1  |  |   | Mosaico de bosque plantado                  | Forestería de protección y producción   |
| 3.2.1.1  |  |   | Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva | Pastos naturales y sabanas herbáceas  |
| 3.2.1.2  |  | Pastos naturales, rastrojos y otros   |   | Ganadería extensiva   |
| 3.2.2.1  |  | Rastrojos y arbustales  |   | Forestería de producción y protección   |
| 3.2.2.2  |  | Rastrojos y pastos  |   | Ganadería extensiva   |
| 3.2.2.3  |  | Rastrojos y tierras eriales   |   | Ganadería extensiva   |
| 3.2.2.4  |  | Rastrojos y bosques   |   | Forestería de protección  |
| 3.2.2.5  |  | Rastrojos y cultivos  |   | Forestería de protección, alternando con ganadería                                      |
| 3.2.4.1  | Vegetación de páramo y subpáramo         | Producción hídrica y conservación de recursos hidrobiológicos                               |   |   |
| 3.3.1.1  | Áreas abiertas sin o con poca vegetación | Playas de río   | Sin uso                                     |   |
| 3.3.2.1  |  | Afloramientos rocosos   | Belleza escénica                            |   |
| 3.3.3.1  |  | Tierras desnudas o degradadas   | Sin uso                                     |   |
| 3.3.6.1  |  | Tierras erosionadas con reforestaciones o vegetación natural dispersa                       | Tierras en proceso de recuperación          |   |
| 3.3.6.2  |  | Pajonales o rastrojos con afloramientos rocosos o en tierras eriales (Vegetación Casmófito) | Sin uso agropecuario                        |   |
| 4.1.1.1  |  | Áreas húmedas   | Áreas húmedas continentales                 | Zonas pantanosas  |
| 5.1.1.1  | Superficies de agua                      | Aguas continentales   | Ríos  | Suministro y preservación de agua para actividades humanas                              |
| 5.1.2.1  |  |   | Lagunas, lagos y ciénagas                   | Suministro y preservación de agua   |

| SIMB_COB | NIVEL_1 | NIVEL_2 | NIVEL_3                                | NIVEL_4   |
|----------|---------|---------|--|---|
|          |         |         |  | para actividades humanas  |
| 5.1.4.1  |         |         | Embalse y cuerpos de agua artificiales | Suministro de agua para actividades agrícolas y generación de energía |

Fuente: CORPOGUAVIO Mapa de usos y cobertura del suelo, escala 1:10000

Obteniendo así 55 tipos de coberturas (Nivel\_3), a las que se le asigno uno de los 25 usos del suelo (Nivel\_4) identificados en el área de estudio.

Teniendo como base de interpretación de dicho documento se realizó la actualización del mismo con base en la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, 2010; siguiendo la metodología de Caracterización de la cobertura vegetal descrita en el numeral 2.2.1 del presente documento.

Una vez realizado lo anteriormente descrito se obtuvo la Leyenda de Actualización del mapa de cobertura y uso actual de la tierra a escala 1:25.000 del área de jurisdicción de CORPOGUAVIO - 2014. (Ver Tabla 5).

**Tabla 5. Leyenda de Actualización del mapa de cobertura y uso actual de la tierra a escala 1:25.000 del área de jurisdicción de CORPOGUAVIO - 2014**

| Nivel 1                         | Nivel 2   | Nivel 3  | Nivel 4                                   | Nivel 5                             | Nivel 6 | Símbolo |         |
|---------------------------------|---|--|---|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| 1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS | 1.1. Zonas urbanizadas  | 1.1.1. Tejido urbano continuo                      |   |                                     |         | 1.1.1   |         |
|                                 |   | 1.1.2. Tejido urbano discontinuo                   |   |                                     |         | 1.1.2   |         |
|                                 | 1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación | 1.2.1. Zonas industriales o comerciales            |   |                                     |         | 1.2.1   |         |
|                                 |   | 1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados | 1.2.2.1. Red vial y territorios asociados |                                     |         | 1.2.2.1 |         |
|                                 |   | 1.2.5. Obras hidráulicas                           |   |                                     |         | 1.2.5   |         |
|                                 | 1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras                | 1.3.1. Zonas de extracción minera                  |   |                                     |         | 1.3.1   |         |
|                                 | 1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas              | 1.4.1. Zonas verdes urbanas                        |   | 1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas |         |         | 1.4.1.1 |
|                                 |   |  |   | 1.4.1.2. Parques cementerio         |         |         | 1.4.1.2 |
|                                 |   |  |   | 1.4.1.5. Parques urbanos            |         |         | 1.4.1.5 |
|                                 |   | 1.4.2. Instalaciones recreativas                   | 1.4.2.1. Áreas culturales                 |                                     |         |         | 1.4.2.1 |

| Nivel 1                           | Nivel 2                           | Nivel 3   | Nivel 4   | Nivel 5  | Nivel 6                 | Símbolo   |           |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---|---|--|-------------------------|-----------|-----------|
|                                   |                                   |   | 1.4.2.2. Áreas deportivas                           |  |                         | 1.4.2.2   |           |
|                                   |                                   |   | 1.4.2.3. Áreas turísticas                           |  |                         | 1.4.2.3   |           |
| 2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS          | 2.1. Cultivos transitorios        | 2.1.1. Otros cultivos transitorios                      |   |  |                         | 2.1.1     |           |
|                                   |                                   | 2.1.2. Cereales   | 2.1.2.2. Maíz                                       |  |                         | 2.1.2.2   |           |
|                                   |                                   | 2.1.5. Tubérculos                                       | 2.1.5.1. Papa                                       |  |                         | 2.1.5.1   |           |
|                                   | 2.2. Cultivos permanentes         | 2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos                   |   | 2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos  |                         |           | 2.2.1.1   |
|                                   |                                   |   |   | 2.2.1.2. Caña                                  | 2.2.1.2.2 Caña Panelera |           | 2.2.1.2.2 |
|                                   |                                   | 2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos                  | 2.2.2.2. Café                                       |  |                         | 2.2.2.2   |           |
|                                   |                                   | 2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos                    |   |  |                         |           | 2.2.3     |
|                                   |                                   |   | 2.2.3.3. Cítricos                                   |  |                         |           | 2.2.3.3   |
|                                   |                                   | 2.2.5. Cultivos confinados                              |   |  |                         |           | 2.2.5     |
|                                   | 2.3. Pastos                       | 2.3.1. Pastos limpios                                   |   |  |                         |           | 2.3.1     |
|                                   |                                   | 2.3.2. Pastos arbolados                                 |   |  |                         |           | 2.3.2     |
|                                   |                                   | 2.3.3. Pastos enmalezados                               |   |  |                         |           | 2.3.3     |
|                                   | 2.4. Áreas agrícolas heterogéneas | 2.4.1. Mosaico de cultivos                              |   |  |                         |           | 2.4.1     |
|                                   |                                   | 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos                     |   |  |                         |           | 2.4.2     |
|                                   |                                   | 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales |   |  |                         |           | 2.4.3     |
|                                   |                                   | 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales         |   |  |                         |           | 2.4.4     |
|                                   |                                   | 2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales       |   |  |                         |           | 2.4.5     |
| 3. BOSQUES Y AREAS SEMI NATURALES | 3.1. Bosques                      | 3.1.1. Bosque Denso                                     | 3.1.1.1. Bosque Denso Alto                          | 3.1.1.1.1. Bosque Denso Alto de Tierra Firme   |                         | 3.1.1.1.1 |           |
|                                   |                                   | 3.1.2. Bosque Abierto                                   | 3.1.2.1. Bosque Abierto Alto                        | 3.1.2.1.1. Bosque Abierto Alto de Tierra Firme |                         | 3.1.2.1.1 |           |
|                                   |                                   |   | 3.1.2.2. Bosque Abierto Bajo                        | 3.1.2.2.1. Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme |                         | 3.1.2.2.1 |           |
|                                   |                                   | 3.1.3. Bosque fragmentado                               | 3.1.3.1. Bosques fragmentados con pastos y cultivos |  |                         |           | 3.1.3.1   |

| Nivel 1                | Nivel 2  | Nivel 3  | Nivel 4   | Nivel 5                                      | Nivel 6  | Símbolo |             |
|------------------------|--|--|---|--|--|---------|-------------|
|                        |  |  | 3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria |  |  | 3.1.3.2 |             |
|                        |  | 3.1.4. Bosque de galería y ripario             |   |  |  | 3.1.4   |             |
|                        |  | 3.1.5. Plantación forestal                     |   |  |  | 3.1.5   |             |
|                        | 3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva | 3.2.1. Herbazales                              | 3.2.1.1. Herbazal Denso                               | 3.2.1.1.1. Herbazales Densos de tierra firme | 3.2.1.1.1.1. Herbazal Densos de Tierra Firme no arbolado |         | 3.2.1.1.1.1 |
|                        |  | 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición   | 3.2.3.1. Vegetación Secundaria Alta                   |  |  |         | 3.2.3.1     |
|                        |  |  | 3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja                   |  |  |         |             |
|                        |  | 3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación | 3.3.1. Zonas arenosas naturales                       |  |  |         |             |
|                        | 3.3.2. Afloramientos rocosos                     |  |   |  |  |         | 3.3.2       |
|                        | 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas             |  |   |  |  |         | 3.3.3       |
|                        | 4. AREAS HUMEDAS                                 | 4.1. Áreas húmedas continentales               | 4.1.1. Zonas Pantanosas                               |  |  |         | 4.1.1       |
| 5. SUPERFICIES DE AGUA | 5.1. Aguas continentales                         | 5.1.1. Ríos                                    |   |  |  | 5.1.1   |             |
|                        |  | 5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales     |   |  |  | 5.1.2   |             |
|                        |  | 5.1.4. Cuerpos de agua artificiales            |   |  |  | 5.1.4   |             |

Fuente: CONSORCIO J&G, basado en información tomada del mapa de usos y cobertura del suelo 1:10000, proporcionado por Corpoguavio

La actualización de la cobertura dio como resultado 46 tipos de cobertura con tres (3), cuatro (4), cinco (5) o seis (6) niveles de detalle

### 2.3.2 Descripción general de coberturas y usos de la tierra (Jurisdicción de Corpoguavio)

A continuación se describen cada una de las coberturas encontradas en el área de estudio:

#### 2.3.2.1 Territorios Artificializados

Comprende las áreas de las poblaciones y sus áreas periféricas que estén siendo incorporados a las áreas urbanas mediante el proceso gradual de

|                             |                |               |              |               |             |
|-----------------------------|----------------|---------------|--------------|---------------|-------------|
| <b>VOLUMEN B – REGIONAL</b> | <b>ELABORO</b> | <b>REVISO</b> | <b>AVALÓ</b> | <b>APROBO</b> | <b>Pág.</b> |
| Versión 2                   | JO             | HBC           | FSS          | UT-PGR        | 32          |
| Fecha: 07/04/2015           | DZ             |               |              |               |             |

urbanización o de uso de suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos. (IDEAM, 2010).

En el área de jurisdicción de CORPOGUAVIO se pueden encontrar 8 tipos de territorios artificializados que se describen a continuación:

- *Tejido urbano continuo (1.1.1):*

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. (IDEAM, 2010).

Este tipo de cobertura en el área de estudio se ve representada por los cascos urbanos de los Municipios de Ubalá, Medina, Junín, Guasca, Gama, Gachetá, Gachalá y Fómeque.

Adicional a lo anterior las inspecciones como Mambita, San Pedro de Jagua y Santa Rosa en el Municipio de Ubalá; La Esmeralda, Mesa de Reyes, Los Alpes y Gazaduje en el Municipio de Medina; Rionegro en el Municipio de Gachalá; La Unión en el Municipio de Fómeque; Chuscales y Claraval en el Municipio de Junín; se han consolidado como tejido urbano continuo debido a la expansión urbana que han ido creciendo con el tiempo.



**Fotografía 1 Municipio de Junín**



**Fotografía 2 Panorámica Tejido urbano continuo**

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 33   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

- *Tejido urbano discontinuo (1.1.2):*

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y presentan discontinuidad, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. (IDEAM, 2010).

Este tipo de cobertura se encuentra representada por algunas viviendas ubicadas en áreas de expansión urbana de los Municipios de Ubalá, Medina, Guasca, Gachetá, Gachalá y Fómeque.

Adicional a lo anterior esta cobertura se encuentra en las inspecciones de Las Palomas en el Municipio de Gachalá, La Playa en el Municipio de Ubalá; Claraval y Sueva en el Municipio de Junín, La Unión en el Municipio de Fómeque; Los López en el Municipio de Gachetá; San Roque en el Municipio de Gama; Arenales, San Pedro de Guajaray, Santa Teresa y Gazatavena en el Municipio de Medina y Laguna Azul en el Municipio de Ubalá; representada por viviendas aisladas rodeadas de coberturas naturales o seminaturales como cultivos, pastos y vegetación secundaria.

- *Zonas industriales y Comerciales (1.2.1)*

Son áreas cubiertas por infraestructura artificial (terrenos cimentados, alquitranados, asfaltados o estabilizados), sin presencia de áreas verdes dominantes, las cuales se utilizan también para actividades comerciales o industriales. Incluye Edificios de seguridad pública, Instalaciones hospitalarias, Parqueaderos, Bases militares, Escuelas, entre otros. (IDEAM, 2010).

En el Municipio de Fómeque se encuentran representado por áreas industriales asociadas a cultivos a gran escala, escuelas, parqueaderos y una subestaciones eléctrica ubicada dentro del casco urbano. Por su parte este tipo de cobertura en el Municipio de Gachalá se ve representada por una obra hidráulica dentro del casco urbano; en el municipio de Guasca las zonas industriales y comerciales hacen referencia a áreas de parqueaderos, escuelas y obras hidráulicas; y para el Municipio de Medina son clasificadas bajo esta cobertura las escuelas presentes en esta jurisdicción.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 34   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



Fotografía 3 Escuela

- *Red vial y territorios asociados (1.2.2.1):*

Comprende las áreas cubiertas por infraestructura vial, tales como carreteras y puentes, así como las áreas asociadas como zonas verdes y zonas de estacionamiento. (IDEAM, 2010).

Hacen parte de este tipo de coberturas las vías principales que se encuentran al interior de los cascos urbanos e inspecciones de los diferentes municipios de la región.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 35   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



Fotografía 4 Red vial Municipio de Gachetá

- *Obras Hidráulicas (1.2.5):*

Superficies que corresponden a construcciones consolidadas de carácter permanente, destinadas a instalaciones hidráulicas, y aquellas de pequeña magnitud, generalmente asociadas con infraestructura urbana, tales como acueductos, bocatomas, plantas de tratamiento y pequeñas represas. (IDEAM, 2010).

Representa a este tipo de coberturas las obras hidráulicas asociadas al Embalse del Guavio ubicadas en los límites Municipales de Ubalá y Gachalá; así como los acueductos de Junín y Gachetá.

- *Zonas de extracción minera (1.3.1)*

Son áreas dedicadas a la extracción de materiales minerales a cielo abierto. (IDEAM, 2010).

En el área de estudio se evidencia la presencia de arenales, canteras y gravillera; estas zonas se encuentran desprovistas de vegetación y su uso es

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 36   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

netamente comercial. Ubicadas en su gran mayoría a las orillas de los ríos en el Municipio de Gachalá.



**Fotografía 5** Zona de extracción minera (gravillera)



**Fotografía 6** Zona de extracción minera aledaña al Río

- *Otras Zonas verdes urbanas (1.4.1.1)*

Comprende las zonas cubiertas por vegetación dentro del tejido urbano. (IDEAM, 2010).

En el área de estudio es posible encontrar dentro de los cascos urbanos de los diferentes municipios y en algunas inspecciones áreas en pastos o espacios arbolados ubicados entre los edificios, estas áreas se encuentran disponibles para la construcción de viviendas; sin embargo en este momento no se está dando un uso a estas áreas.

- *Parques cementerios (1.4.1.2)*

Se constituyen como áreas artificializadas utilizadas para depositar los cuerpos de las personas fallecidas, los cementerios hallados en el área de estudio son comunitarias; es decir están disponibles para la comunidad en general.

En el área de estudio es posible encontrar por lo menos uno en cada Municipio que hace parte de la jurisdicción de CORPOGUAVIO.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 37   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



Fotografía 7 Cementerio Municipio de Gachalá

- *Parques urbanos (1.4.1.5)*

Son áreas artificializadas que se encuentran en los cascos urbanos o inspecciones municipales, este tipo de infraestructura es de acceso público. En el área de estudio la mayoría de estos incluyen senderos y zonas verdes.



Fotografía 8 Parque Municipio de Junín



Fotografía 9 Parque Principal Gachetá

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 38   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

- *Áreas culturales (1.4.2.1)*

Terrenos dedicados a diferentes tipos de actividades de recreación y esparcimiento; en el área de estudio se encuentra la Manga ubicada en el Municipio de Medina.

### 2.3.2.2 Territorios agrícolas

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas. (IDEAM, 2010).

- *Otros cultivos transitorios (2.1.1)*

Son las tierras ocupadas por cultivos transitorios no incluidos en los grupos de cereales, oleaginosas, leguminosas, hortalizas y tubérculos considerados en la leyenda Corine Land Cover. (IDEAM, 2010).

Este tipo de cultivos se encuentran en mayor proporción en los Municipios de Fómeque y Guasca; sin embargo también es posible encontrarlos en Junín, Gachetá, Gama y Ubalá.

En Fómeque la cobertura de otros cultivos transitorios se ve representada por tomate, pepino (jaiba) y habichuela. En Guasca otros cultivos transitorios corresponden a: plantas aromáticas y tomate. Por su parte en Junín y Ubalá como otro cultivo transitorio se encuentra el tomate. Gama y Gachalá se encuentran cultivos de frijol, uchuva y tomate.

Estos cultivos son comercializados a nivel local y regional, algunos de ellos son transportados a la ciudad de Bogotá para ser vendidos al por mayor.

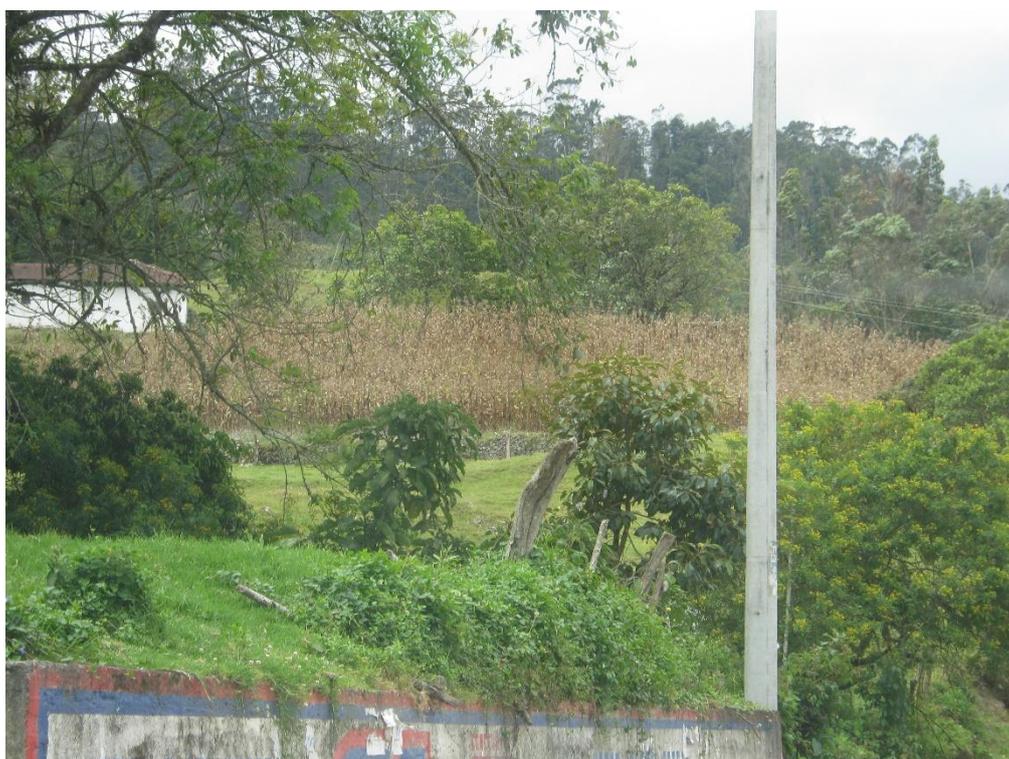
- *Maíz (2.1.2.2)*

Corresponde a la cobertura vegetal compuesta por plantas herbáceas de la familia de las gramíneas de altura muy variable, (entre 60cm y 3m), hojas grandes alternas y lineales, tallos rectos y flores agrupadas en panículas las masculinas y en espiga las femeninas. (IDEAM, 2010).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 39   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

En el área de estudio es cultivada la especie *Zea mays* y es posible encontrarla en los municipios de Medina, Fómeque, Guasca, Junín, Gachetá, Gama, Gachalá y Ubalá.

Es importante resaltar que este cultivo se realiza a pequeña escala y en la mayoría de las zonas se asocia con otro tipo de cultivos y pastos en pequeñas parcelas.



Fotografía 10 Al fondo Cultivo de Maíz

- *Papa (2.1.5.1)*

Cobertura terrestre propia de las zonas de montaña de clima frío situadas entre los 2.000 y 3.000 msnm. La papa *Solanum tuberosum* L. es una especie de planta herbácea, tuberosa, perenne, perteneciente a la familia de las Solanáceas, de tallo erecto o semidecumbente, que puede medir un metro de altura. (IDEAM, 2010).

En el área de estudio se encuentran grandes extensiones de este cultivo en el Municipio de Guasca y Fómeque, se cultiva de manera tecnificada, implementando actividades como control de plagas y enfermedades, aplicación

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 40   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

de insumos agrícolas y la producción es comercializada en la ciudad de Bogotá.

- *Otros cultivos permanentes herbáceos (2.2.1.1)*

Las herbáceas son plántulas que no presentan órganos leñosos, son verdes y con ciclo de vida vegetativo anual. (IDEAM, 2010). En este tipo de cobertura se incluyen los cultivos que no se encuentran contemplados en la Leyenda Corine Land Cover 2010 en los numerales de 2.2.1.2 al 2.2.1.6.

Para el caso específico de la Región de CORPOGUAVIO se encuentran como otros cultivos permanentes herbáceos el cultivo de Fresa *Fragaria vesca*, sembrada en grandes extensiones en el Municipio de Guasca.



Fotografía 11 Cultivo de fresa Municipio de Guasca

- *Caña panelera (2.2.1.2.2)*

Cobertura dominante compuesta por el cultivo de caña panelera *Saccharum officinarum*. Planta gramínea tropical de la familia Poaceae, que tiene un tallo

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 41   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

macizo de 2 a 5 m de altura con 5 o 6 cm de diámetro. Se corta cada 12 meses y la plantación dura aproximadamente 5 años. (IDEAM, 2010).

Este tipo de cultivo es representativo en los municipios de Medina, Junín, Gachetá y Ubalá, ocupa pequeñas parcelas y es producido para el uso local.

- *Café (2.2.2.2)*

Cobertura predominantemente compuesta por áreas dedicadas al cultivo de café (*Coffea* sp.) bajo sombrío (temporal o permanente, generado por una cobertura arbórea) o a libre exposición. Los cafetos son arbustos de las regiones tropicales del género *Coffea* de la familia Rubiaceae. (IDEAM, 2010).

Los cultivos de café se presentan en los municipios de Fómeque y Ubalá; están representados por pequeñas parcelas, asociadas a otro tipo de cultivos, la producción de estos es comercializada a nivel local y para autoconsumo.

- *Cultivos permanentes arbóreos (2.2.3)*

Cobertura principalmente ocupada por cultivos de hábito arbóreo, diferentes de plantaciones forestales maderables o de recuperación, como cítricos, palma, mango, etc. (IDEAM, 2010).

- *Cítricos (2.2.3.3)*

Esta cobertura comprende cultivos conformados por especies frutales cítricas como naranja y limón. (IDEAM, 2010).

Se encuentran presentes en el Municipio de Medina y estos se cultivan asociados a otro tipo de cultivos, cubren pequeñas extensiones y sus productos no son comercializados.

- *Cultivos confinados (2.2.5)*

Comprenden las tierras ocupadas por cultivos bajo infraestructuras de invernaderos, principalmente dedicadas al cultivo de flores, frutales y hortalizas. Incluye toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas en condiciones óptimas. (IDEAM, 2010).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 42   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Los cultivos realizados bajo esta categoría están representados por las flores como anastasia, rosas y claveles, el tomate, pimentón, entre otros, son cultivados también bajo invernadero.

El cultivo de rosas y claveles se realiza a gran escala en el Municipio de Guasca y por su parte la siembra de anastasia es representativa del Municipio de Gachalá.



Fotografía 12 Cultivos confinados

- *Pastos limpios (2.3.1)*

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. (IDEAM, 2010).

La principal actividad productiva desarrollada en este tipo de cobertura es la pecuaria con fines de producción de leche y carne.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 43   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



**Fotografía 13 Pastos Limpios Municipio de Junín.**



**Fotografía 14 Al fondo Pastos limpios Municipio de Ubalá.**

- *Pastos arbolados (2.3.2)*

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos. (IDEAM, 2010).

Estas áreas al igual que los pastos limpios son usadas para la actividad ganadera; los arboles allí presentes se implementan como sombrío para el ganado

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 44   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



**Fotografía 15 Pastos arbolados Municipio de Gachetá**

- *Pastos enmalezados (2.3.3)*

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m. (IDEAM, 2010).

Los pastos enmalezados en la zona se caracterizan por la falta de manejo ligado a una actividad de ganadería extensiva, en la que no se hace inversión en las pasturas.

- *Mosaico de cultivos (2.4.1)*

Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. (IDEAM, 2010).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 45   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Esta cobertura asocia pequeñas parcelas donde se cultiva maíz, alverja, uchuva, auyama, entre otros cultivos de tipo transitorio; los productos generados son comercializados a nivel local y son los principales generadores de ingresos para los pobladores de la zona.

- *Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2)*

Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. (IDEAM, 2010).

Este tipo de mosaico adicional a los cultivos antes mencionados se encuentran potreros de pastos limpios y pastos enmalezados distribuidos en pequeñas extensiones, en los que se desarrollan actividades pecuarias.

- *Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (2.4.3)*

Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. (IDEAM, 2010).

Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, bosque riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

|                      |         |        |       |        |      |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 46   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



**Fotografía 16** Mosaico de cultivos, pastos y espacios Naturales Municipio de Junín



**Fotografía 17** Mosaico de cultivos Municipio de Ubalá

- *Mosaico de pastos con espacios naturales (2.4.4)*

Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente. (IDEAM, 2010).

Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, bosque ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural. (IDEAM, 2010).

Esta es una de las coberturas más representativas de la zona de estudio, generada por la alta intervención antrópica desarrollada en el área; este tipo de mosaicos se han ido consolidado debido a la expansión de la frontera agrícola y pecuaria, que ha dejado algunos remanentes de bosques en medio de la gran matriz de cultivos y pastos.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 47   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



**Fotografía 18 Mosaico de pastos y espacios Naturales Municipio de Junín**

- *Mosaico de cultivos con espacios naturales (2.4.5)*

Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación. Las áreas de cultivos representan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los parches y residuos de espacios naturales están conformados por aquellas áreas cubiertas por relictos de bosque, arbustales, bosque de galería y/o ripario, vegetación secundaria o en transición, zonas pantanosas u otras áreas no intervenidas o poco transformadas que permanecen en estado natural o casi natural. (IDEAM, 2010).

### 2.3.2.3 Bosques

Esta cobertura comprende los bosques naturales y las plantaciones. Para la interpretación de las coberturas de la tierra, los bosques se clasifican, entonces, a partir de la densidad de la cobertura arbórea, en densos y abiertos; de acuerdo con la altura del dosel, los bosques se clasifican en altos y bajos; y de acuerdo con la condición de inundabilidad del terreno donde se ubican los bosques, se clasifican en inundables y de tierra firme. (IDEAM, 2010).

- *Bosque denso alto de tierra firme (3.1.1.1)*

Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 48   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos. (IDEAM, 2010).

Estas áreas de bosque presentan una baja intervención debido a que se localizan en áreas alejadas, con bajo potencial agrícola y pecuario, lo que les ha permitido permanecer en el tiempo. Son representativos en el Municipio de Gachalá, Medina y Fómeque y hacen parte de Parque Nacional Natural Chingaza. Esta categoría de Manejo ha forjado conservación del área.



**Fotografía 19 Al fondo Bosque denso alto de tierra firme**

- *Bosque abierto alto de tierra firme (3.1.2.1.1)*

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a 15 metros, cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos. (IDEAM, 2010).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      |        |       |        |      |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 49   |

Estas áreas altamente conservadas se consolidan como un refugio muy importante de flora y fauna silvestre

- *Bosque abierto bajo de tierra firme (3.1.2.2.1)*

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros e inferior a 15 metros, cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos. (IDEAM, 2010).



**Fotografía 20 Al fondo Bosque abierto alto de tierra firme**

- *Bosque fragmentado con pastos y cultivos (3.1.3.1)*

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se ha presentado intervención humana de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de pastos y cultivos, las cuales se observan como parches de variadas formas y distribución irregular dentro de la matriz del bosque. Las áreas de pastos y cultivos deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 50   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros. (IDEAM, 2010).

En este tipo de cobertura se pueden apreciar parches o áreas que han sido objeto de deforestación con el fin de implementar zonas de pasturas o zonas de producción agrícola.



**Fotografía 21 Al fondo Bosques fragmentados con pastos y cultivos**

- *Bosque fragmentado con vegetación secundaria (3.1.3.2)*

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se presentó intervención humana y recuperación del bosque, de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de vegetación secundaria, las cuales se observan como parches de variadas formas que se distribuyen de forma irregular en la matriz de bosque. Su origen es debido al abandono de áreas de pastos y cultivos, donde ocurre un proceso de regeneración natural del bosque en los primeros estados de sucesión vegetal. Los parches de intervención deben representar entre 5% y 50% del área total de la unidad. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros. (IDEAM, 2010).

- *Bosque ripario (3.1.4)*

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en zonas andinas son conocidas como bosque ripario. (IDEAM, 2010).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 51   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Este tipo de coberturas presentan una alta intervención antrópica; sin embargo cumplen una función de protección de las márgenes hídricas, ya que amortiguan los procesos erosivos y cumplen una función de soporte y hábitat de vida silvestre.



Fotografía 22 Bosque ripario

- *Plantación forestal (3.1.5)*

Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras). (IDEAM, 2010).

Las áreas de plantaciones se encuentran distribuidas en su gran mayoría en los Municipios de Guasca y Fómeque y fueron establecidas con fines de producción de madera, las especies implementadas son: *Pinus patula*, *Eucaliptus globulus* y *Acacia melanoxylum*.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 52   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



Fotografía 23 Plantación de pino Municipio de Ubalá

#### 2.3.2.4 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica.

- *Herbazal denso alto de tierra firme no arbolado (3.2.1.1.1)*

Corresponde a una cobertura natural constituida por un herbazal denso de tierra firme, donde no existe presencia de elementos arbóreos y/o arbustivos, o en caso de existir en ningún caso representarán más de 2% del área total de la unidad. Se localizan principalmente en áreas con limitaciones de suelos y de clima, como las zonas de páramo y subpáramo de la alta montaña. (IDEAM, 2010).

El principal uso dado a este tipo de cobertura es la conservación, ya que estas zonas se consideran como primordiales para la generación del recurso hídrico

Se encuentra distribuido este tipo de cobertura en mayor proporción en los municipios de Guasca, Fómeque y Junín.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 53   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



Fotografía 24 Vegetación de paramo

- *Vegetación secundaria*

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre.

- *Vegetación secundaria alta (3.2.3.1)*

Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbórea con dosel irregular y presencia ocasional de arbustos, palmas y enredaderas, que corresponde a los estadios intermedios de la sucesión vegetal, después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o a forestación de los pastizales. Se desarrolla luego de varios años de la intervención original, generalmente después de la etapa secundaria baja. Según el tiempo transcurrido se podrán encontrar comunidades de árboles formadas por una sola especie o por varias. (IDEAM, 2010).

Estas áreas se encuentran ubicadas en potreros que dejaron de ser implementados para la ganadería y en los que hace más de 10 años no se ha realizado ninguna intervención o manejo.

- *Vegetación secundaria baja (3.2.3.2)*

Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas,

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 54   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies. (IDEAM, 2010).

Estas áreas aún son susceptibles de manejo por parte de los pobladores de la zona, aunque ya se encuentran en estados iniciales de sucesión es posible que se vuelva a adaptar para pastos y cultivos al implementar labores como la limpieza y fertilización.



Fotografía 25 Vegetación secundaria baja Municipio de Ubalá

### 2.3.2.5 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos. (IDEAM, 2010).

- *Zonas arenosas naturales (3.3.1)*

Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 55   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

vegetación de arbustal ralo y bajo. Se encuentran conformando playas de ríos y bancos de arena de los ríos. (IDEAM, 2010).

- *Afloramientos rocosos (3.3.2)*

Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilado. (IDEAM, 2010).

Asociados con los afloramientos rocosos se pueden encontrar depósitos de sedimentos finos y gruesos, de bloques o de cenizas. Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y deformaciones geológicas, volcanes y glaciares de montaña, localizados en la región andina. (IDEAM, 2010).

Es posible apreciar este tipo de coberturas sobre la vía que comunica a Medina con Ubalá y la vía Ubalá – Gachalá. Es importante resaltar que algunos de estos afloramientos rocosos han sido objeto de aprovechamiento por lo que se consideran zonas de extracción minera en el presente estudio.



**Fotografía 26 Afloramiento rocosos vía Gachalá - Ubalá**

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 56   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

- *Tierras desnudas y degradadas (3.3.3)*

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas. (IDEAM, 2010).

En algunas zonas de alta montaña se presenta este tipo de coberturas debido a la erosión hídrica allí generada y a la poca vegetación.



Fotografía 27 Tierras desnudas y degradadas

### 2.3.2.6 Áreas Húmedas

Comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en el interior del continente. (IDEAM, 2010).

- *Zonas pantanosas (4.1.1)*

Esta cobertura comprende las tierras bajas, que generalmente permanecen inundadas durante la mayor parte del año, pueden estar constituidas por depresiones naturales donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional. Comprenden hondonadas donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondos más o menos cenagosos. Dentro de los pantanos se pueden encontrar cuerpos de agua, algunos con cobertura parcial de vegetación acuática, y que en total representan menos de 30% del área total del pantano. (IDEAM, 2010).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 57   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Este tipo de cobertura se encuentra distribuida en el área de estudio; sin embargo son más representativas en los municipios de Guasca, Fómeque y Medina.



Fotografía 28 Zonas pantanosas

### 2.3.2.7 Superficies de agua

Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente.

- *Ríos (5.1.1)*

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Se considera como unidad mínima cartografiable aquellos ríos que presenten un ancho del cauce representativo cartográficamente. (IDEAM, 2010).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 58   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



Fotografía 29 Drenaje doble



Fotografía 30 Panorámica rio

- *Lagunas, lagos y ciénagas naturales*

Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce, que pueden estar conectadas o no con un río.

En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos. (IDEAM, 2010).

La laguna de Chingaza es una de las más representativas de la región, por lo que se resalta en este documento su función de regulación hídrica y sus características de albergue de aves y otro tipo de fauna asociada a la misma.

- *Cuerpos de agua artificiales*

Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos. (IDEAM, 2010).

Dentro de los cuerpos de aguas artificiales el más representativo es el Embalse del Guavio ubicado en los Municipios de Ubalá y Gachalá.

Es importante mencionar que a lo largo del área de estudio se presentan pequeños reservorios de agua, construidos de manera antrópica para el almacenamiento de agua para riego y como bebederos para el ganado.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 59   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |



Fotografía 31 Embalse del Guavio



Fotografía 32 Cuerpo de agua artificial

En la Tabla 6 se presenta el porcentaje de ocupación de cada una de las coberturas presentes en la jurisdicción de CORPOGUAVIO

Tabla 6. Porcentaje de ocupación por cobertura

| Nivel 1                         | Nivel 2  | Nivel 3                                 | Nivel 4 | Nivel 5 | Nivel 6 | Símbolo | Área (ha) | Área (%) |
|---------------------------------|--|---|---------|---------|---------|---------|-----------|----------|
| 1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS | 1.1. Zonas urbanizadas                           | 1.1.1. Tejido urbano continuo           |         |         |         | 1.1.1   | 148,18    | 0,0404   |
|                                 |  | 1.1.2. Tejido urbano discontinuo        |         |         |         | 1.1.2   | 74,37     | 0,0203   |
|                                 | 1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de | 1.2.1. Zonas industriales o comerciales |         |         |         | 1.2.1   | 92,94     | 0,0253   |
| VOLUMEN B – REGIONAL            |  |   | ELABORO | REVISO  | AVALÓ   | APROBO  | Pág.      |          |
| Versión 2                       |  |   | JO      | HBC     | FSS     | UT-PGR  | 60        |          |
| Fecha: 07/04/2015               |  |   | DZ      |         |         |         |           |          |

VOLUMEN B TOMO IV SISMOLOGIA Y USOS DEL SUELO

| Nivel 1                                | Nivel 2  | Nivel 3  | Nivel 4                                   | Nivel 5                                       | Nivel 6 | Símbolo | Área (ha) | Área (%)  |         |        |
|--|--|--|---|---|---------|---------|-----------|-----------|---------|--------|
|  | comunicación                                     | 1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados | 1.2.2.1. Red vial y territorios asociados |   |         | 1.2.2.1 | 69,66     | 0,0190    |         |        |
|  |  | 1.2.5. Obras hidráulicas                           |   |   |         | 1.2.5   | 11,19     | 0,0031    |         |        |
|  | 1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras   | 1.3.1. Zonas de extracción minera                  |   |   |         | 1.3.1   | 30,84     | 0,0084    |         |        |
|  | 1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas | 1.4.1. Zonas verdes urbanas                        | 1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas       |   |         |         | 1.4.1.1   | 49,84     | 0,0136  |        |
|  |  |  | 1.4.1.2. Parques cementerio               |   |         |         | 1.4.1.2   | 7,93      | 0,0022  |        |
|  |  |  | 1.4.1.5. Parques urbanos                  |   |         |         | 1.4.1.5   | 5,31      | 0,0014  |        |
|  |  | 1.4.2. Instalaciones recreativas                   | 1.4.2.1. Áreas culturales                 |   |         |         |           | 1.4.2.1   | 11,49   | 0,0031 |
|  |  |  | 1.4.2.2. Áreas deportivas                 |   |         |         |           | 1.4.2.2   | 6,59    | 0,0018 |
|  |  |  | 1.4.2.3. Áreas turísticas                 |   |         |         |           | 1.4.2.3   | 0,10    | 0,0000 |
|  | 2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS                         | 2.1. Cultivos transitorios                         | 2.1.1. Otros cultivos transitorios        |   |         |         | 2.1.1     | 247,88    | 0,0676  |        |
|  |  |  | 2.1.2. Cereales                           | 2.1.2.2. Maíz                                 |         |         | 2.1.2.2   | 8,10      | 0,0022  |        |
|  |  |  | 2.1.5. Tubérculos                         | 2.1.5.1. Papa                                 |         |         |           | 2.1.5.1   | 164,14  | 0,0448 |
|  |  | 2.2. Cultivos permanentes                          | 2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos     | 2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos |         |         |           | 2.2.1.1   | 277,64  | 0,0757 |
| 2.2.1.2. Caña                          |  |  |   | 2.2.1.2.2. Caña Panelera                      |         |         |           | 2.2.1.2.2 | 274,95  | 0,0750 |
| 2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos |  |  | 2.2.2.2. Café                             |   |         |         |           | 2.2.2.2   | 1,74    | 0,0005 |
| 2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos   |  |  | 2.2.3                                     |   |         |         |           | 2.2.3     | 2,19    | 0,0006 |
|  |  |  | 2.2.3.3. Cítricos                         |   |         |         |           | 2.2.3.3   | 1,33    | 0,0004 |
| 2.2.5. Cultivos confinados             |  |  |   |   |         |         |           | 2.2.5     | 355,60  | 0,0970 |
| 2.3. Pastos                            |  | 2.3.1. Pastos limpios                              |   |   |         |         | 2.3.1     | 59373,49  | 16,1883 |        |
|  |  | 2.3.2. Pastos arbolados                            |   |   |         |         | 2.3.2     | 18878,19  | 5,1472  |        |
|  |  | 2.3.3. Pastos enmalezados                          |   |   |         |         | 2.3.3     | 6510,31   | 1,7750  |        |

VOLUMEN B TOMO IV SISMOLOGIA Y USOS DEL SUELO

| Nivel 1                           | Nivel 2  | Nivel 3   | Nivel 4   | Nivel 5  | Nivel 6  | Símbolo   | Área (ha)   | Área (%) |         |
|-----------------------------------|--|---|---|--|--|-----------|-------------|----------|---------|
|                                   | 2.4. Áreas agrícolas heterogéneas                | 2.4.1. Mosaico de cultivos                              |   |  |  | 2.4.1     | 4638,73     | 1,2648   |         |
|                                   |  | 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos                     |   |  |  | 2.4.2     | 1279,60     | 0,3489   |         |
|                                   |  | 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales |   |  |  | 2.4.3     | 70510,48    | 19,2248  |         |
|                                   |  | 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales         |   |  |  | 2.4.4     | 2948,78     | 0,8040   |         |
|                                   |  | 2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales       |   |  |  | 2.4.5     | 357,35      | 0,0974   |         |
| 3. BOSQUES Y AREAS SEMI NATURALES | 3.1. Bosques                                     | 3.1.1. Bosque Denso                                     | 3.1.1.1. Bosque Denso Alto                            | 3.1.1.1.1. Bosque Denso Alto de Tierra Firme   |  | 3.1.1.1.1 | 73324,86    | 19,9922  |         |
|                                   |  | 3.1.2. Bosque Abierto                                   | 3.1.2.1. Bosque Abierto Alto                          | 3.1.2.1.1. Bosque Abierto Alto de Tierra Firme |  | 3.1.2.1.1 | 18425,47    | 5,0237   |         |
|                                   |  |   | 3.1.2.2. Bosque Abierto Bajo                          | 3.1.2.2.1. Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme |  | 3.1.2.2.1 | 907,10      | 0,2473   |         |
|                                   |  | 3.1.3. Bosque fragmentado                               | 3.1.3.1. Bosques fragmentados con pastos y cultivos   |  |  |           | 3.1.3.1     | 20034,95 | 5,4626  |
|                                   |  |   | 3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria |  |  |           | 3.1.3.2     | 269,58   | 0,0735  |
|                                   |  | 3.1.4. Bosque de galería y ripario                      |   |  |  |           | 3.1.4       | 5590,41  | 1,5242  |
|                                   |  | 3.1.5. Plantación forestal                              |   |  |  |           | 3.1.5       | 1044,23  | 0,2847  |
|                                   | 3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva | 3.2.1. Herbazales                                       | 3.2.1.1. Herbazal Denso                               | 3.2.1.1.1. Herbazales Densos de tierra firme   | 3.2.1.1.1.1. Herbazal Densos de Tierra Firme no arbolado |           | 3.2.1.1.1.1 | 39491,61 | 10,7675 |
|                                   |  | 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición            | 3.2.3.1. Vegetación Secundaria Alta                   |  |  |           | 3.2.3.1     | 27940,09 | 7,6179  |

| Nivel 1                | Nivel 2  | Nivel 3                                    | Nivel 4                             | Nivel 5 | Nivel 6 | Símbolo | Área (ha) | Área (%) |
|------------------------|--|--|-------------------------------------|---------|---------|---------|-----------|----------|
|                        |  |  | 3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja |         |         | 3.2.3.2 | 5783,99   | 1,5770   |
|                        | 3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación | 3.3.1. Zonas arenosas naturales            |                                     |         |         | 3.3.1   | 31,61     | 0,0086   |
|                        |  | 3.3.2. Afloramientos rocosos               |                                     |         |         | 3.3.2   | 803,56    | 0,2191   |
|                        |  | 3.3.3. Tierras desnudas y degradadas       |                                     |         |         | 3.3.3   | 437,61    | 0,1193   |
| 4. AREAS HUMEDAS       |  | 4.1. Áreas húmedas continentales           | 4.1.1. Zonas Pantanosas             |         |         |         | 4.1.1     | 75,80    |
| 5. SUPERFICIES DE AGUA | 5.1. Aguas continentales                       | 5.1.1. Ríos                                |                                     |         |         | 5.1.1   | 4135,24   | 1,1275   |
|                        |  | 5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales |                                     |         |         | 5.1.2   | 724,48    | 0,1975   |
|                        |  | 5.1.4. Cuerpos de agua artificiales        |                                     |         |         | 5.1.4   | 1408,50   | 0,3840   |
| TOTAL                  |  |  |                                     |         |         |         | 366768,04 | 100      |

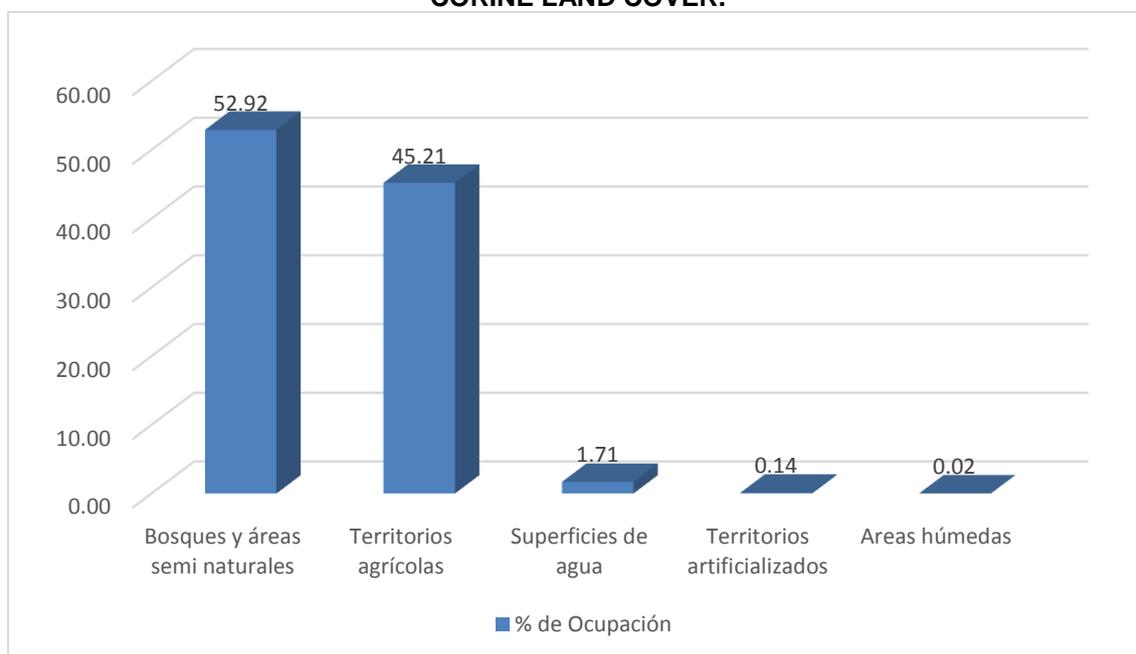
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

En la Ilustración 9, se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER.

Se obtiene como resultado que las áreas Naturales y semi-naturales como bosques, herbazales, vegetación secundaria y/o en transición presentan el mayor porcentaje de ocupación. Sin embargo los territorios agrícolas ocupan un 45,21% lo que muestra la alta intervención antrópica que ha tenido la zona y a su vez su alta productividad a nivel agrícola y pecuario.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 63   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 9 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER.**



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

En la Tabla 7 se presenta cada uno de los tipos de coberturas presentes en la jurisdicción de CORPOGUAVIO y su ocupación por Municipio.

**Tabla 7. Tipos de cobertura por Municipio**

| TIPO DE COBERTURA | MUNICIPIO |         |         |       |        |       |        |        | Total general |
|-------------------|-----------|---------|---------|-------|--------|-------|--------|--------|---------------|
|                   | FÓMEQUE   | GACHALÁ | GACHETÁ | GAMA  | GUASCA | JUNÍN | MEDINA | UBALÁ  |               |
| 1.1.1             | 22,50     | 10,54   | 19,77   | 4,06  | 26,12  | 10,55 | 25,42  | 29,22  | 148,18        |
| 1.1.2             | 1,53      | 1,73    | 1,84    | 1,09  | 3,72   | 11,68 | 12,61  | 40,16  | 74,37         |
| 1.2.1             | 36,85     | 0,20    | 2,09    | 0,49  | 44,49  | 2,59  | 1,18   | 5,05   | 92,94         |
| 1.2.2.1           | 10,34     | 4,41    | 8,61    | 2,09  | 12,02  | 7,46  | 13,82  | 10,91  | 69,66         |
| 1.2.5             |           | 6,18    | 0,08    |       |        | 0,34  |        | 4,59   | 11,19         |
| 1.3.1             |           | 30,84   |         |       |        |       |        |        | 30,84         |
| 1.4.1.1           | 10,90     | 5,88    | 11,91   | 1,45  | 3,62   | 1,41  | 14,34  | 0,34   | 49,84         |
| 1.4.1.2           | 0,87      | 0,66    | 1,25    | 0,82  |        | 2,30  | 1,15   | 0,88   | 7,93          |
| 1.4.1.5           | 0,79      | 0,31    | 1,71    | 0,35  | 0,32   | 1,04  | 0,62   | 0,17   | 5,31          |
| 1.4.2.1           |           |         |         |       |        |       | 1,14   | 10,35  | 11,49         |
| 1.4.2.2           |           | 0,58    | 0,61    | 0,10  | 0,45   | 0,34  | 4,38   | 0,13   | 6,59          |
| 1.4.2.3           |           |         |         |       |        |       |        | 0,10   | 0,10          |
| 2.1.1             | 73,23     |         | 2,64    | 19,14 | 105,48 | 1,97  | 43,06  | 2,35   | 247,88        |
| 2.1.2.2           | 8,10      |         |         |       |        |       |        |        | 8,10          |
| 2.1.5.1           | 9,35      |         |         |       | 154,78 |       |        |        | 164,14        |
| 2.2.1.1           | 41,29     | 1,78    | 13,98   |       | 209,00 | 2,60  | 8,99   |        | 277,64        |
| 2.2.1.2.2         |           |         |         | 17,59 |        |       |        | 257,36 | 274,95        |

| TIPO DE COBERTURA    | MUNICIPIO       |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                 | Total general    |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
|                      | FÓMEQUE         | GACHALÁ         | GACHETÁ         | GAMA            | GUASCA          | JUNÍN           | MEDINA           | UBALÁ           |                  |
| 2.2.2.2              |                 |                 |                 | 1,74            |                 |                 |                  |                 | 1,74             |
| 2.2.3                | 1,68            |                 | 0,52            |                 |                 |                 |                  |                 | 2,19             |
| 2.2.3.3              |                 |                 |                 |                 |                 | 1,33            |                  |                 | 1,33             |
| 2.2.5                | 190,52          |                 | 3,53            | 0,24            | 161,15          | 0,16            |                  |                 | 355,60           |
| 2.3.1                | 5088,66         | 1066,49         | 5386,12         | 351,03          | 3925,08         | 3749,37         | 36817,00         | 2989,73         | 59373,49         |
| 2.3.2                | 2698,02         | 3064,31         | 1193,40         | 287,23          | 300,52          | 271,07          | 8805,13          | 2258,52         | 18878,19         |
| 2.3.3                | 909,20          | 823,90          | 90,08           | 10,89           | 253,31          | 225,07          | 3849,88          | 347,99          | 6510,31          |
| 2.4.1                | 483,24          | 1,96            | 7,52            | 63,01           | 3864,04         | 0,79            | 178,90           | 39,28           | 4638,73          |
| 2.4.2                | 347,68          | 9,29            | 73,28           |                 | 171,29          | 38,59           | 2,50             | 636,97          | 1279,60          |
| 2.4.3                | 4687,54         | 9875,06         | 10488,08        | 5182,40         | 3234,66         | 12495,40        | 421,05           | 24126,29        | 70510,48         |
| 2.4.4                | 97,06           | 0,38            | 198,28          |                 | 10,16           |                 | 0,86             | 2642,05         | 2948,78          |
| 2.4.5                | 342,41          |                 | 1,99            | 10,94           | 2,01            |                 |                  |                 | 357,35           |
| 3.1.1.1.1            | 5216,45         | 18367,37        | 17,09           | 340,08          | 36,12           | 2808,57         | 40448,23         | 6090,95         | 73324,86         |
| 3.1.2.1.1            | 2986,35         | 1746,91         | 1125,76         | 3326,38         | 440,67          | 6720,07         |                  | 2079,32         | 18425,47         |
| 3.1.2.2.1            |                 |                 |                 |                 | 809,45          | 97,64           |                  |                 | 907,10           |
| 3.1.3.1              | 352,26          | 1,41            | 4674,72         | 234,97          | 2941,59         | 378,94          | 5990,13          | 5460,94         | 20034,95         |
| 3.1.3.2              |                 |                 | 269,58          |                 |                 |                 |                  |                 | 269,58           |
| 3.1.4                | 167,59          | 608,30          | 73,87           | 26,15           | 644,75          | 814,72          | 2731,64          | 523,39          | 5590,41          |
| 3.1.5                | 15,17           |                 |                 |                 | 1022,39         | 4,62            | 2,05             |                 | 1044,23          |
| 3.2.1.1.1.1          | 16158,81        | 720,41          | 1311,20         | 6,97            | 15761,65        | 5265,64         | 255,72           | 11,21           | 39491,61         |
| 3.2.3.1              | 6604,88         | 1741,45         | 695,44          | 155,40          | 1538,28         | 836,56          | 13076,05         | 3292,03         | 27940,09         |
| 3.2.3.2              | 1577,78         | 245,31          | 434,23          | 590,43          | 71,25           | 134,49          | 2358,84          | 371,66          | 5783,99          |
| 3.3.1                |                 |                 | 21,55           |                 |                 | 0,71            | 9,21             | 0,14            | 31,61            |
| 3.3.2                |                 | 4,39            |                 |                 | 232,20          |                 | 48,03            | 518,94          | 803,56           |
| 3.3.3                | 2,50            | 11,89           |                 |                 | 113,21          | 31,16           | 275,98           | 2,87            | 437,61           |
| 4.1.1                | 10,15           |                 |                 | 0,19            | 62,90           |                 | 2,55             |                 | 75,80            |
| 5.1.1                | 59,74           |                 | 85,30           | 8,64            |                 | 9,29            | 3887,06          | 85,21           | 4135,24          |
| 5.1.2                | 577,56          | 9,72            |                 |                 | 69,59           | 52,98           | 7,45             | 7,18            | 724,48           |
| 5.1.4                | 1,95            | 854,87          | 0,10            | 134,22          | 60,68           | 0,38            | 3,36             | 352,93          | 1408,50          |
| <b>Total general</b> | <b>48792,97</b> | <b>39216,53</b> | <b>26216,12</b> | <b>10778,12</b> | <b>36286,95</b> | <b>33979,83</b> | <b>119298,31</b> | <b>52199,22</b> | <b>366768,04</b> |

Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Teniendo en cuenta los resultados presentados en la Tabla 7 las coberturas más representativas en el área de estudio son los Bosques densos altos de tierra firme (3.1.1.1.1) con una extensión de 73.324,86 hectáreas ubicados en su gran mayoría en el Municipio de Medina con una extensión de 40.488,23 hectáreas, seguido de los Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales (2.4.3) con un área de 70.510,48 hectáreas que se ven representados en mayor proporción en el municipio de Ubalá en el que se extienden en un área de 24.126,29 hectáreas y los pastos limpios (2.3.1) presentes en un área de

| VOLUMEN B - REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 65   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

59.373,49 hectáreas, de las cuales 36.817 hectáreas (62,01%) se encuentran ubicadas en el Municipio de Medina, el cual tiene como principal actividad económica la ganadería extensiva..

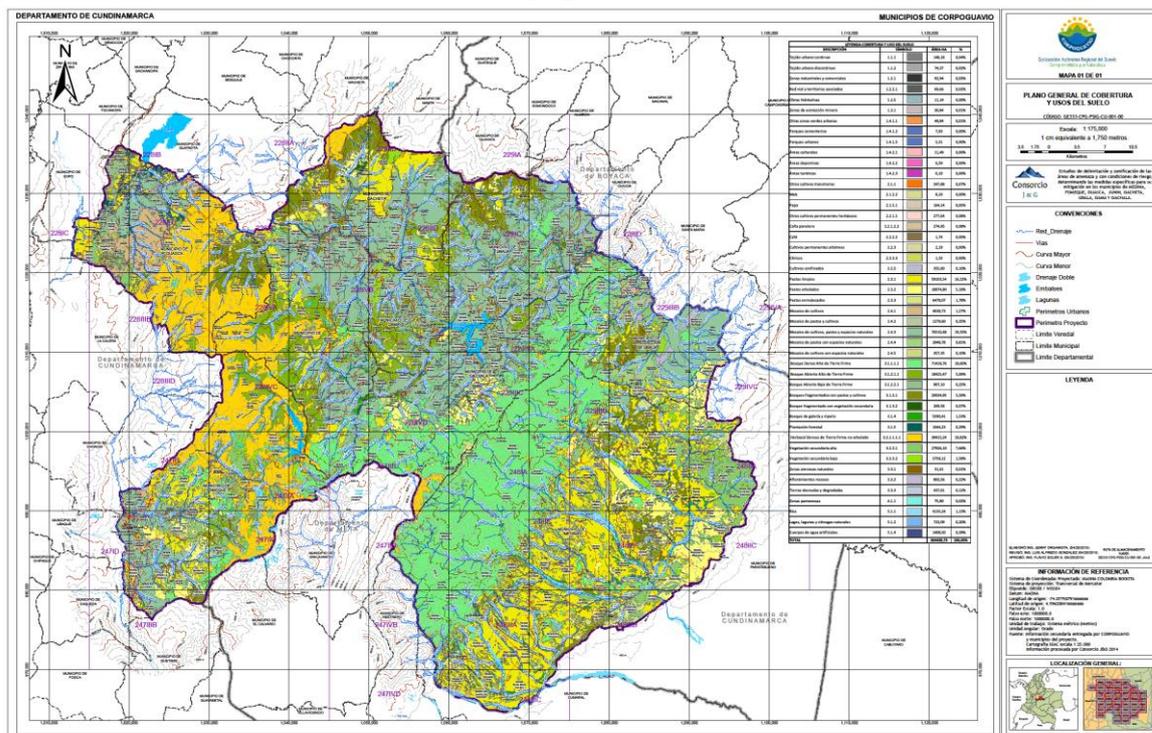
Las áreas de Herbazal denso de tierra firme no arbolado (paramo y subparamo) presentan mayor extensión en los Municipios de Fómeque (16.158,81 hectáreas) y Guasca (15.761,65 hectáreas).

Guasca es también uno de los Municipios que presenta la mayor área en Plantaciones Forestales con un total de 1.022,39 Ha, siendo este el municipio con mayor potencial de uso forestal.

Por su parte el Municipio de Medina es el que presenta una mayor área en pastos por lo que la actividad de pastoreo es una de las más importantes en el área; lo que también se debe a que es este el Municipio con más extensión dentro de la jurisdicción de CORPOGUAVIO.

### 2.3.3 Descripción de coberturas y usos por municipio ( A nivel de Zona 2)

Ilustración 10 Mapa general de coberturas y uso del suelo para la Jurisdicción de Corpoguavio



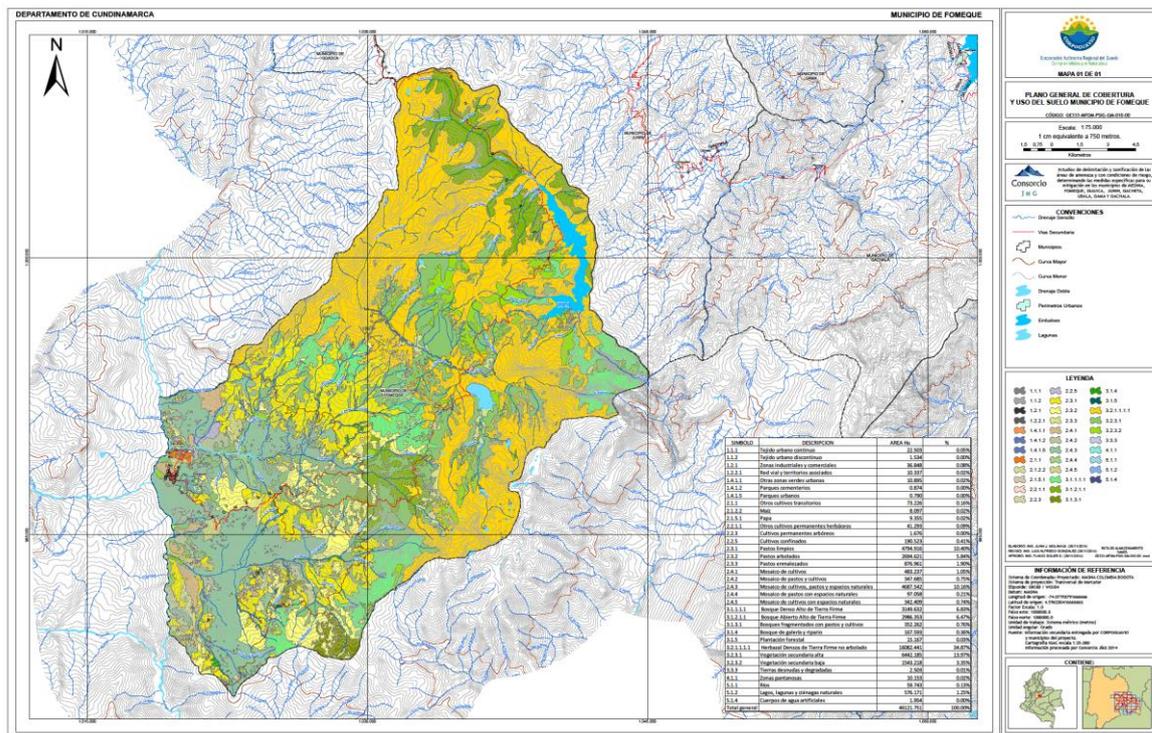
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 66   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Para mayor detalle de la Ilustración 10 ver Volumen B Regional, Tomo IV Sismología y usos del suelo, Anexo 1 Usos del suelo y cobertura GE333-CPG-PSIG-CU-001-00.

### 2.3.3.1 Municipio de Fómeque

Ilustración 11. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Fómeque.



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para mayor detalle de la Ilustración 11 ver Volumen B Regional, Tomo IV Sismología y usos del suelo, Anexo 1 Usos del suelo y cobertura, Fómeque, GE333-MFOM-PSIG-CU-010-00.

En el municipio de Fómeque es posible hallar 34 tipos de coberturas como se muestra en la Tabla 8, en donde la cobertura 3.2.1.1.1.1. (Herbazal Denso de Tierra Firme no arbolado) es una de las más representativas con un área de 16.158,81 Ha, convirtiéndose en un Municipio en el que las áreas de protección prevalecen. Fómeque es uno de los Municipios en los que se encuentra mayor proporción de Lagunas, lagos y ciénagas naturales (5.1.2.); por lo que su riqueza hídrica es importante para la región, este tipo de áreas estratégicas y de alta sensibilidad son de importancia ambiental por lo que se debe propender por la conservación y declaración de sus rondas de protección.

**Tabla 8. Tipos de cobertura Municipio de Fómeque**

| Tipo de Cobertura    | Área            |
|----------------------|-----------------|
| 1.1.1                | 22,50           |
| 1.1.2                | 1,53            |
| 1.2.1                | 36,85           |
| 1.2.2.1              | 10,34           |
| 1.4.1.1              | 10,90           |
| 1.4.1.2              | 0,87            |
| 1.4.1.5              | 0,79            |
| 2.1.1                | 73,23           |
| 2.1.2.2              | 8,10            |
| 2.1.5.1              | 9,35            |
| 2.2.1.1              | 41,29           |
| 2.2.3                | 1,68            |
| 2.2.5                | 190,52          |
| 2.3.1                | 5088,66         |
| 2.3.2                | 2698,02         |
| 2.3.3                | 909,20          |
| 2.4.1                | 483,24          |
| 2.4.2                | 347,68          |
| 2.4.3                | 4687,54         |
| 2.4.4                | 97,06           |
| 2.4.5                | 342,41          |
| 3.1.1.1.1            | 5216,45         |
| 3.1.2.1.1            | 2986,35         |
| 3.1.3.1              | 352,26          |
| 3.1.4                | 167,59          |
| 3.1.5                | 15,17           |
| 3.2.1.1.1.1          | 16158,81        |
| 3.2.3.1              | 6604,88         |
| 3.2.3.2              | 1577,78         |
| 3.3.3                | 2,50            |
| 4.1.1                | 10,15           |
| 5.1.1                | 59,74           |
| 5.1.2                | 577,56          |
| 5.1.4                | 1,95            |
| <b>Total general</b> | <b>48792,97</b> |

Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

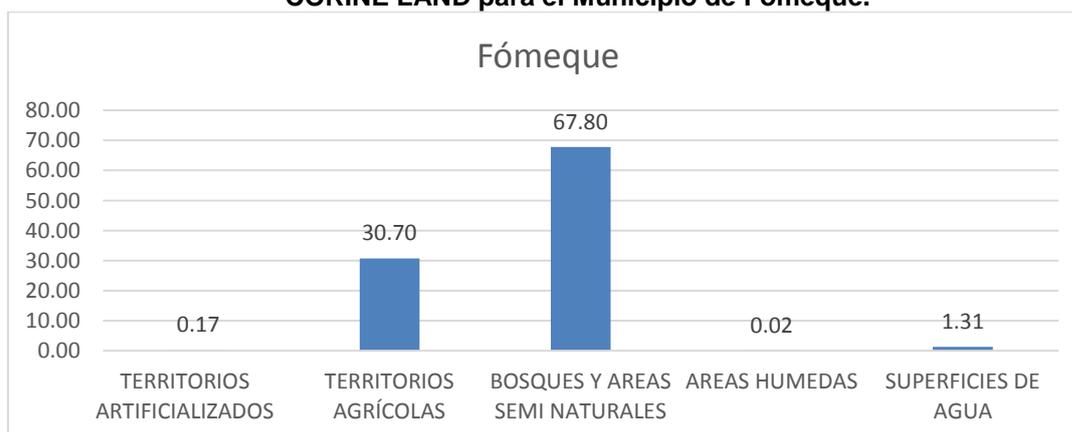
En la Ilustración 12 se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER, con los resultados obtenidos es posible analizar que aun en el Municipio se encuentra una gran extensión de áreas naturales, por lo que los programas y proyectos

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 68   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

municipales deben ir enfocados a la protección y conservación de los mismos. Así mismo es importante resaltar que las áreas de Herbazal Densos de Tierra Firme no arbolado (paramo y subparamo) presentes en la zona deben presentar planes de manejo enfocados a las características particulares de los mismos.

En la segunda posición se encuentran los Territorios agrícolas; representados en su gran mayoría por pastos limpios con un área de 5.088,66 Ha. Los cultivos más desarrollados son los de tipo transitorio, la rotación de cultivos es unas de las prácticas más desarrolladas en el Municipio, por lo que los agricultores deben ser apoyados a través de la transferencia de tecnologías para aumentar su productividad y mejorar la calidad de sus productos.

**Ilustración 12 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND para el Municipio de Fómeque.**



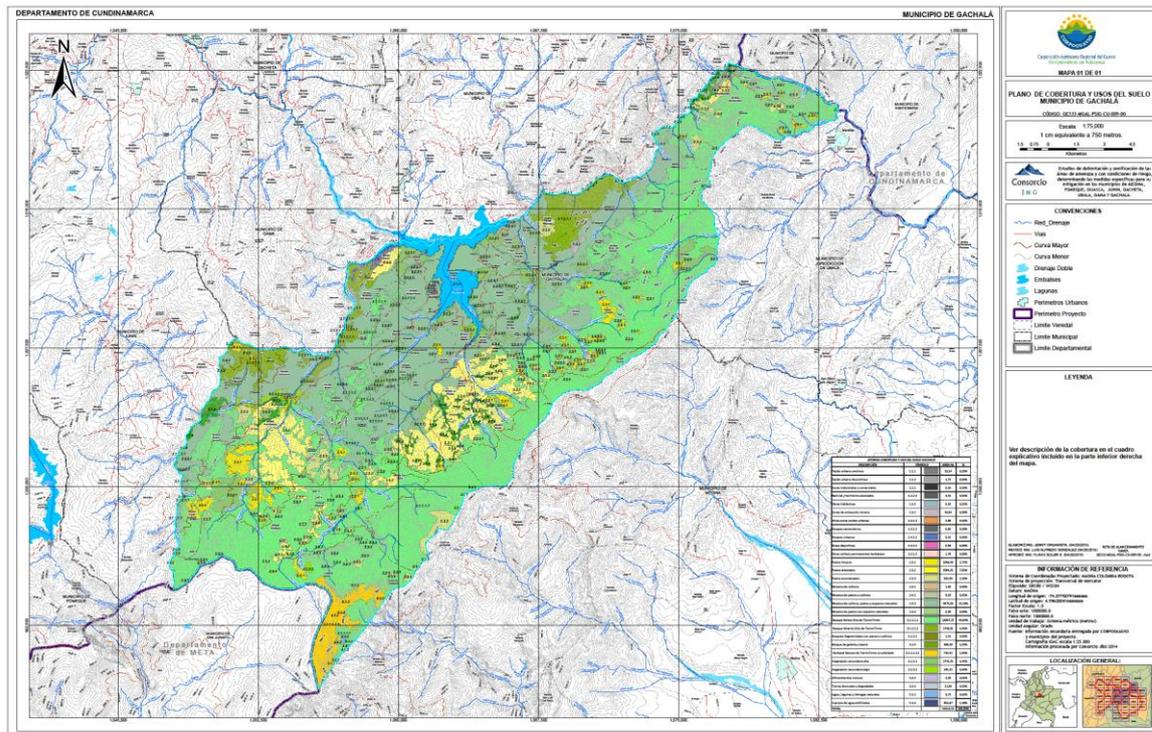
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Como resultado de la actualización del mapa de coberturas en el Anexo 1 Coberturas y usos del suelo, se presentan los planos generados para el municipio de Fómeque a escala 1:25000, a la vez se presenta un plano general del municipio (GE333-MFOM-PSIG-CU-010).

### 2.3.3.2 Municipio de Gachalá

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 69   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 13. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Gachalá.**



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para mayor detalle de la Ilustración 13 ver Volumen B Regional, Tomo IV Sismología y usos del suelo, Anexo 1 Usos del suelo y cobertura Gachalá GE333-MGAL-PSIG-CU-009-00,

En el municipio de Gachalá es posible hallar 29 tipos de coberturas como se muestra en la Tabla 9, en donde la cobertura (3.1.1.1.1) Bosque Denso Alto de Tierra Firme es una de las más representativas con un área de 18.367,37 Ha en donde el uso de conservación predomina sobre los demás usos potenciales del área.

Una de las particularidades del Municipio es la presencia de la cobertura 5.1.4. Cuerpos de agua artificiales con una extensión de 854,87 Ha, dedicados a la producción de energía eléctrica.

**Tabla 9. Tipos de cobertura Municipio de Gachalá**

| Tipo de Cobertura | Área (Ha) |
|-------------------|-----------|
| 1.1.1             | 10,54     |
| 1.1.2             | 1,73      |
| 1.2.1             | 0,20      |
| 1.2.2.1           | 4,41      |
| 1.2.5             | 6,18      |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALO | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 70   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

| Tipo de Cobertura | Área (Ha)  |
|-------------------|------------|
| 1.3.1             | 30,84      |
| 1.4.1.1           | 5,88       |
| 1.4.1.2           | 0,66       |
| 1.4.1.5           | 0,31       |
| 1.4.2.2           | 0,58       |
| 2.2.1.1           | 1,78       |
| 2.3.1             | 1066,49    |
| 2.3.2             | 3064,31    |
| 2.3.3             | 823,90     |
| 2.4.1             | 1,96       |
| 2.4.2             | 9,29       |
| 2.4.3             | 9875,06    |
| 2.4.4             | 0,38       |
| 3.1.1.1.1         | 18367,37   |
| 3.1.2.1.1         | 1746,91    |
| 3.1.3.1           | 1,41       |
| 3.1.4             | 608,30     |
| 3.2.1.1.1.1       | 720,41     |
| 3.2.3.1           | 1741,45    |
| 3.2.3.2           | 245,31     |
| 3.3.2             | 4,39       |
| 3.3.3             | 11,89      |
| 5.1.2             | 9,72       |
| 5.1.4             | 854,87     |
| Total general     | 39216,5308 |

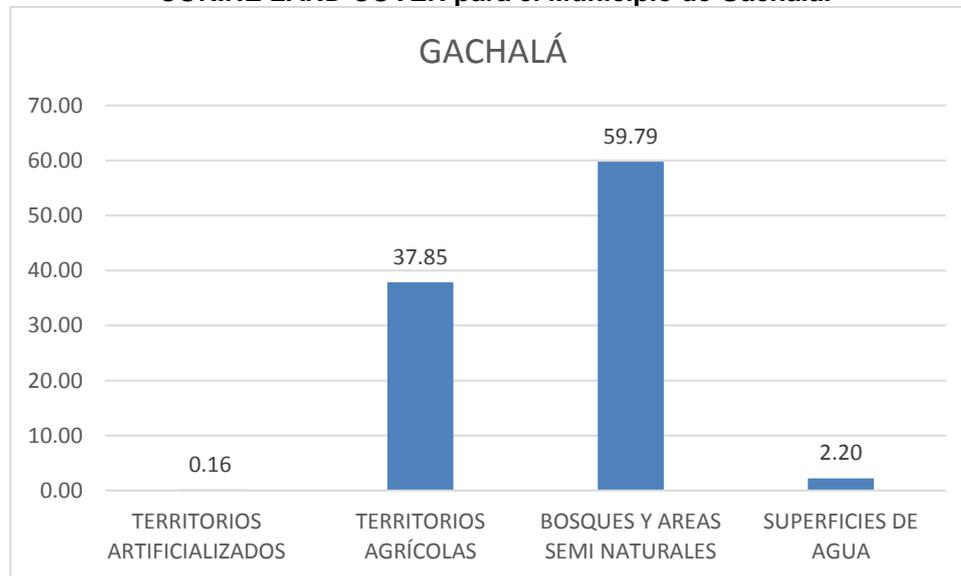
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

En la Ilustración 14 se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER, con los resultados obtenidos es posible analizar que aun en el Municipio se encuentra una gran extensión de áreas naturales, por lo que los programas y proyectos municipales deben ir enfocados a la protección y conservación de los mismos.

En la segunda posición se encuentran los Territorios agrícolas; representados en su gran mayoría por mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales con un área de 9.875,06 Ha. Los cultivos más desarrollados son los de tipo permanente herbáceo, ya que la siembra de Fresa se ha ido consolidando en la región, el uso agrícola dado al suelo es de gran importancia para la región y constituye uno de los principales eslabones de la economía.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 71   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 14 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Gachalá.**



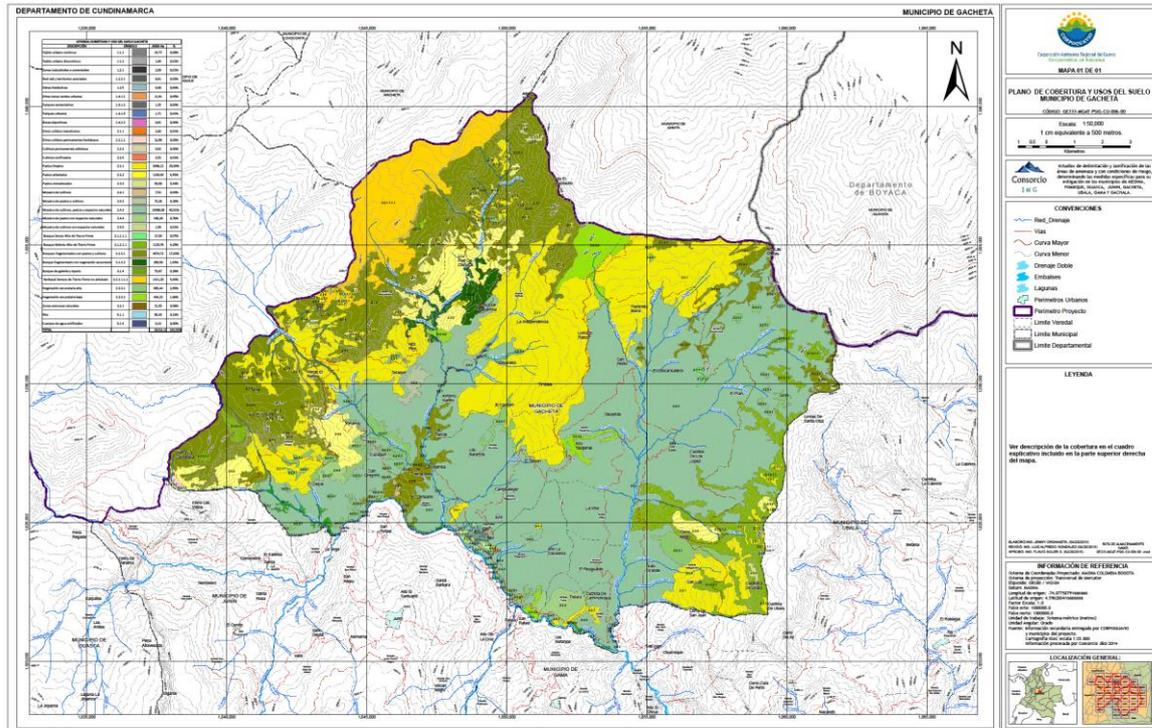
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Como resultado de la actualización del mapa de coberturas en el Anexo 1 Coberturas y usos del suelo, se presentan los planos generados para el municipio de Gachalá a escala 1:25000, a la vez se presenta un plano general del municipio (GE333-MGAL-PSIG-CU-009).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 72   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### 2.3.3.3 Municipio de Gachetá

Ilustración 15. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Gachetá.



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para mayor detalle de la Ilustración 15 ver Volumen B Regional, Tomo IV Sismología y usos del suelo, Anexo 1 Usos del suelo y cobertura Gachetá GE333-MGAT-PSIG-CU-006-00.

En el municipio de Gachetá es posible hallar 32 tipos de coberturas como se muestra en la Tabla 10, en donde la cobertura 2.4.3. (Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales) es una de las más representativas con un área de 10.488,08 Ha; el uso dado a estas áreas es el Agrosilvopastoril ya que se convinan actividades agrícolas y pecuarias, dejando áreas de protección o relictos de bosque que sirven de líneas de conexión entre áreas boscosas de mayor tamaño.

Tabla 10. Tipos de cobertura Municipio de Gachetá

| Tipo de Cobertura | Área (Ha) |
|-------------------|-----------|
| 1.1.1             | 19,77     |
| 1.1.2             | 1,84      |
| 1.2.1             | 2,09      |
| 1.2.2.1           | 8,61      |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 73   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

| Tipo de Cobertura | Área (Ha) |
|-------------------|-----------|
| 1.2.5             | 0,08      |
| 1.4.1.1           | 11,91     |
| 1.4.1.2           | 1,25      |
| 1.4.1.5           | 1,71      |
| 1.4.2.2           | 0,61      |
| 2.1.1             | 2,64      |
| 2.2.1.1           | 13,98     |
| 2.2.3             | 0,52      |
| 2.2.5             | 3,53      |
| 2.3.1             | 5386,12   |
| 2.3.2             | 1193,40   |
| 2.3.3             | 90,08     |
| 2.4.1             | 7,52      |
| 2.4.2             | 73,28     |
| 2.4.3             | 10488,08  |
| 2.4.4             | 198,28    |
| 2.4.5             | 1,99      |
| 3.1.1.1.1         | 17,09     |
| 3.1.2.1.1         | 1125,76   |
| 3.1.3.1           | 4674,72   |
| 3.1.3.2           | 269,58    |
| 3.1.4             | 73,87     |
| 3.2.1.1.1.1       | 1311,20   |
| 3.2.3.1           | 695,44    |
| 3.2.3.2           | 434,23    |
| 3.3.1             | 21,55     |
| 5.1.1             | 85,30     |
| 5.1.4             | 0,10      |
| Total general     | 26216,12  |

Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

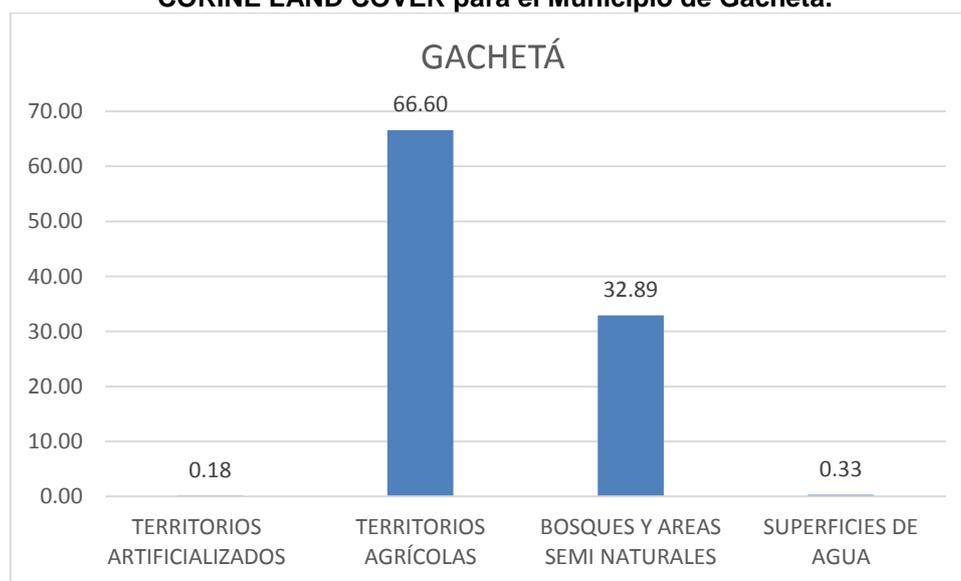
En la Ilustración 16 se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER, se muestra que la mayor área del Municipio es ocupada por Territorios agrícolas, ya que los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales son los más representativos con 10.488,08 Ha; Junto con los pastos limpios con 5.386,12 Ha.

En la segunda posición se encuentran los Bosques y áreas semi naturales en donde los Bosques Fragmentados con pastos y cultivos (3.1.3.1) son las áreas arbóreas más importantes del Municipio. En el Municipio se debe propender por la conservación de este tipo de Bosques ya que la ampliación de la frontera

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 74   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

agrícola y pecuaria en la zona a largo plazo puede generar una mayor fragmentación de los bosques en el tiempo, generando pérdida de estructura y composición florística.

**Ilustración 16 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Gachetá.**



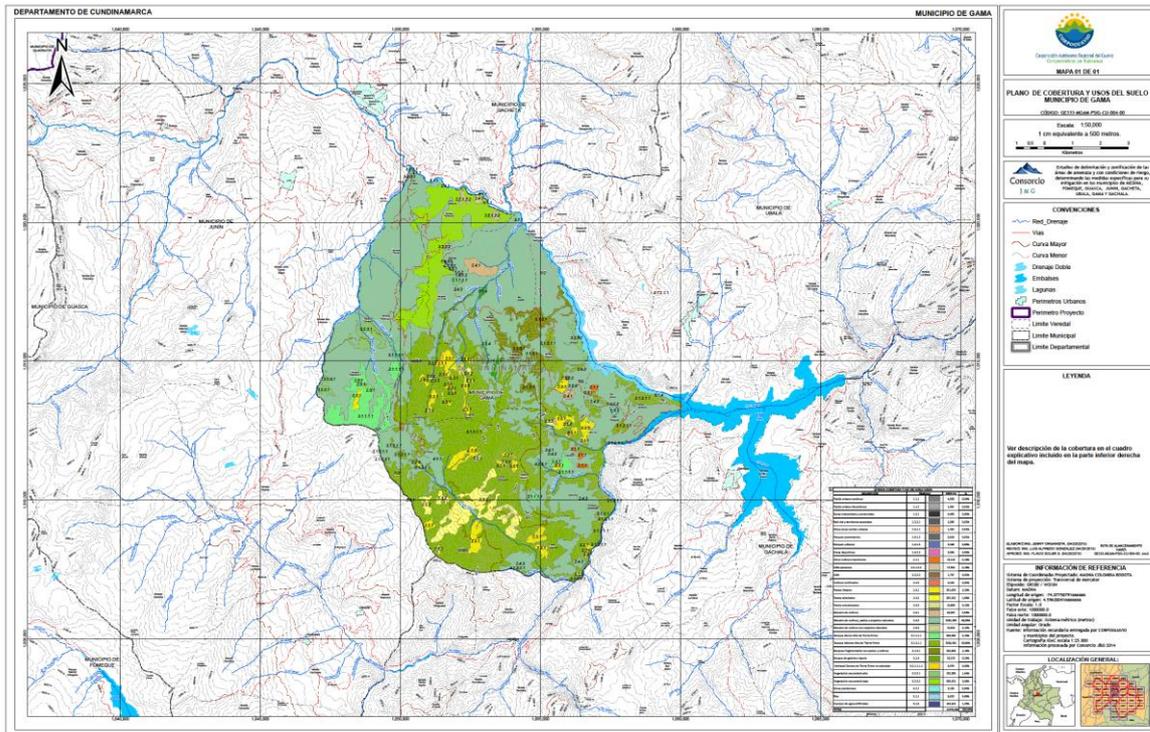
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Como resultado de la actualización del mapa de coberturas en el Anexo 1 Coberturas y usos del suelo, se presentan los planos generados para el municipio de Gachetá a escala 1:25000, a la vez se presenta un plano general del municipio (GE333-MGAT-PSIG-CU-006).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 75   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### 2.3.3.4 Municipio de Gama

Ilustración 17. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Gama.



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para mayor detalle de la Ilustración 7 ver Volumen B Regional, Tomo IV Sismología y usos del suelo, Anexo 1 Usos del suelo y cobertura Gama GE333-MGAM-PSIG-CU-004-00.

En el municipio de Gama es posible hallar 28 unidades de coberturas como se muestra en la Tabla 11, en donde los Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales 2.4.3., es una de las más representativas con un área de 5.842,40 Ha, por su parte las áreas naturales se ven representadas por la cobertura 3.1.2.1.1. Bosque Abierto Alto de Tierra Firme con una extensión de 3.326,38 Ha por lo que el uso de conservación se constituye como uno de los más importantes para el municipio, las medidas de manejo deben ir enfocadas a la protección de este tipo de ecosistemas.

Tabla 11. Tipos de cobertura Municipio de Gama

| Tipo de Cobertura | Área (Ha) |
|-------------------|-----------|
| 1.1.1             | 4,06      |
| 1.1.2             | 1,09      |
| 1.2.1             | 0,49      |
| 1.2.2.1           | 2,09      |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALO | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 76   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

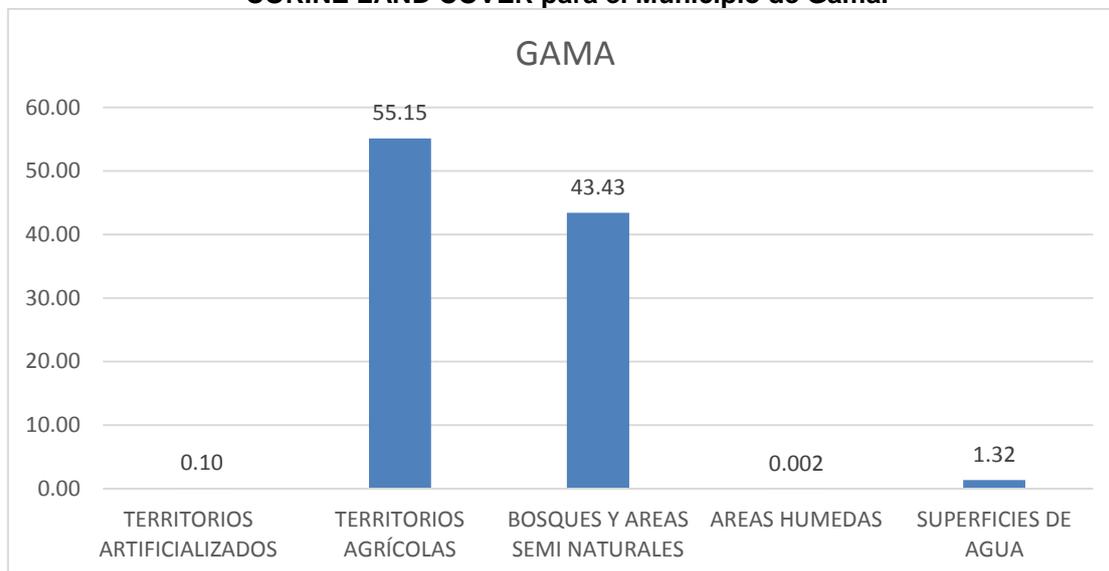
| Tipo de Cobertura | Área (Ha) |
|-------------------|-----------|
| 1.4.1.1           | 1,45      |
| 1.4.1.2           | 0,82      |
| 1.4.1.5           | 0,35      |
| 1.4.2.2           | 0,10      |
| 2.1.1             | 19,14     |
| 2.2.1.2.2         | 17,59     |
| 2.2.2.2           | 1,74      |
| 2.2.5             | 0,24      |
| 2.3.1             | 351,03    |
| 2.3.2             | 287,23    |
| 2.3.3             | 10,89     |
| 2.4.1             | 63,01     |
| 2.4.3             | 5182,40   |
| 2.4.5             | 10,94     |
| 3.1.1.1.1         | 340,08    |
| 3.1.2.1.1         | 3326,38   |
| 3.1.3.1           | 234,97    |
| 3.1.4             | 26,15     |
| 3.2.1.1.1.1       | 6,97      |
| 3.2.3.1           | 155,40    |
| 3.2.3.2           | 590,42    |
| 4.1.1             | 0,19      |
| 5.1.1             | 8,62      |
| 5.1.4             | 133,99    |
| Total general     | 10777,85  |

Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

En la Ilustración 18 se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER, con los resultados obtenidos es posible analizar que los Territorios agrícolas se posicionan en el Municipio por su amplia extensión ocupando el 55,15% del mismo, por lo que las estrategias encaminadas a el acompañamiento de agricultores deben ser primordiales, con el fin de evitar la expansión agrícola y pecuaria y de esta manera garantizar que las zonas boscosas que se conservan dentro del municipio no serán objeto de aprovechamiento.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 77   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 18 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Gama.**



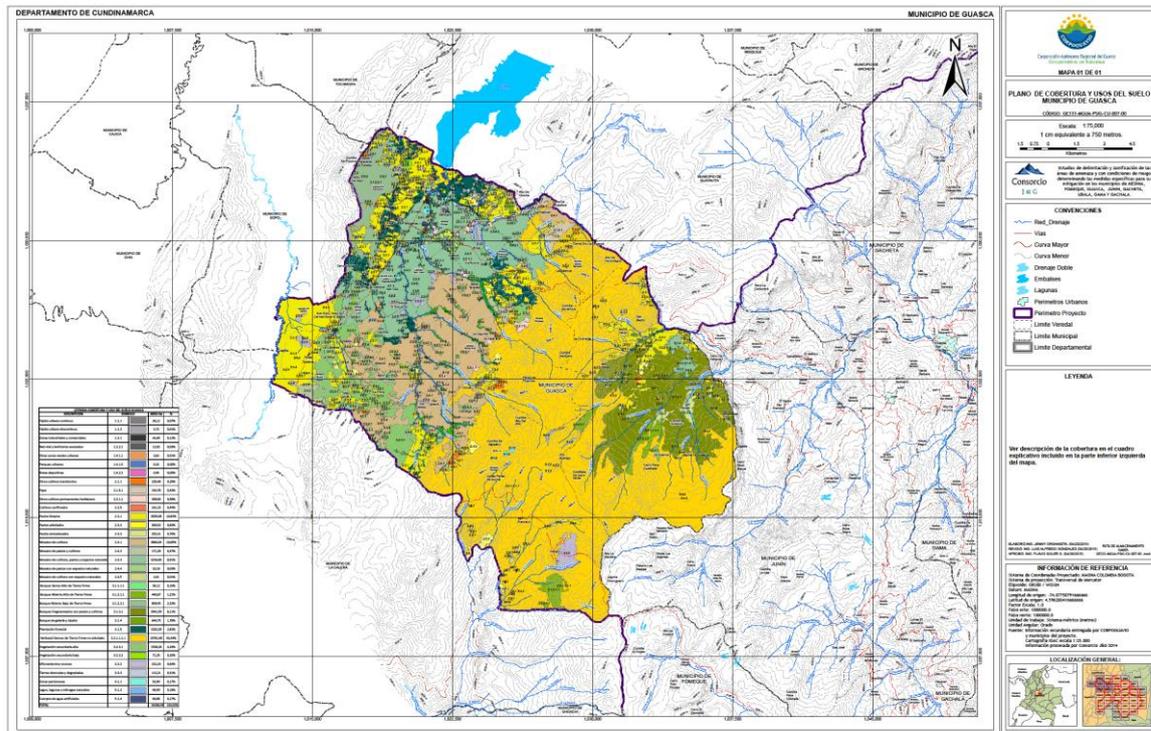
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Como resultado de la actualización del mapa de coberturas en el Anexo 1 Coberturas y usos del suelo, se presentan los planos generados para el municipio de Gama a escala 1:25000, a la vez se presenta un plano general del municipio (GE333-MGAM-PSIG-CU-004).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 78   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### 2.3.3.5 Municipio de Guasca

Ilustración 19. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Guasca.



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para mayor detalle de la Ilustración 19 ver Volumen B Regional, Tomo IV Sismología y usos del suelo, Ver Anexo 1 Usos del suelo y cobertura Guasca Ilustración 19 GE333-MGUA-PSIG-CU-007-00.

En el municipio de Guasca es posible hallar 33 tipos de coberturas como se muestra en la Tabla 12, en donde la cobertura 3.2.1.1.1.1. (Herbazal Denso de Tierra Firme no arbolado) es una de las más representativas con un área de 15.761,65 Ha y su conservación es de primordial importancia para la permanencia de la misma.

Al igual que el Municipio de Fómeque es uno de los que presenta mayores áreas naturales y seminaturales, las zonas de Herbazal Densos de Tierra Firme no arbolado (paramo y subparamo) albergan gran cantidad de especies de fauna y flora, constituyéndose de esta manera en una de las áreas protegidas más importantes de la región a través del Parque Nacional Chingaza.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 79   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Tabla 12. Tipos de cobertura Municipio de Guasca**

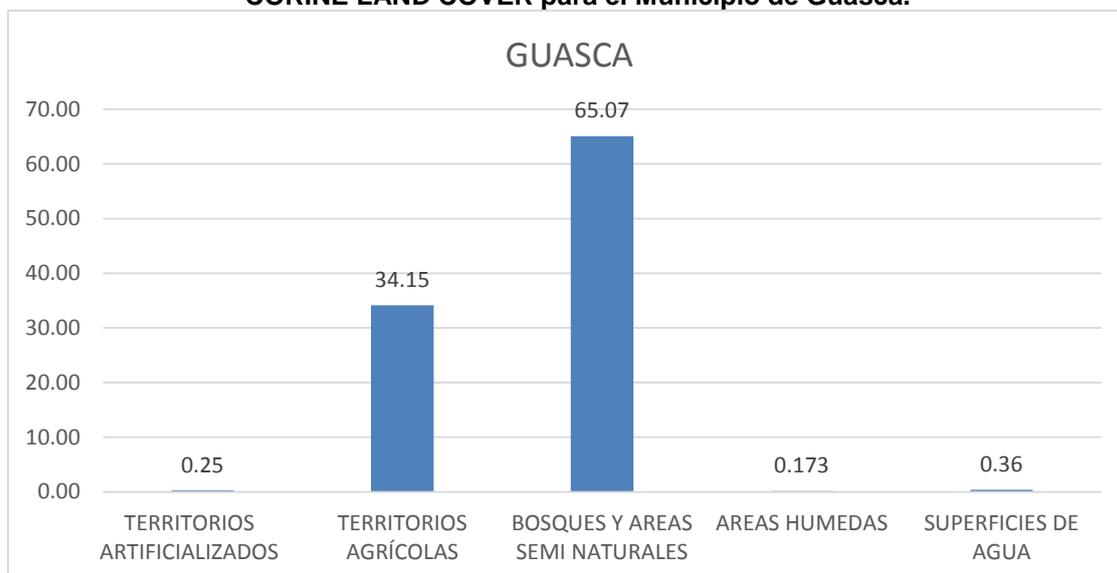
| Tipo de Cobertura    | Área (Ha)       |
|----------------------|-----------------|
| 1.1.1                | 26,12           |
| 1.1.2                | 3,72            |
| 1.2.1                | 44,49           |
| 1.2.2.1              | 12,02           |
| 1.4.1.1              | 3,62            |
| 1.4.1.5              | 0,32            |
| 1.4.2.2              | 0,45            |
| 2.1.1                | 105,48          |
| 2.1.5.1              | 154,78          |
| 2.2.1.1              | 209,00          |
| 2.2.5                | 161,15          |
| 2.3.1                | 3925,08         |
| 2.3.2                | 300,52          |
| 2.3.3                | 253,31          |
| 2.4.1                | 3864,04         |
| 2.4.2                | 171,29          |
| 2.4.3                | 3234,66         |
| 2.4.4                | 10,16           |
| 2.4.5                | 2,01            |
| 3.1.1.1.1            | 36,12           |
| 3.1.2.1.1            | 440,67          |
| 3.1.2.2.1            | 809,45          |
| 3.1.3.1              | 2941,59         |
| 3.1.4                | 644,75          |
| 3.1.5                | 1022,39         |
| 3.2.1.1.1.1          | 15761,65        |
| 3.2.3.1              | 1538,28         |
| 3.2.3.2              | 71,25           |
| 3.3.2                | 232,20          |
| 3.3.3                | 113,21          |
| 4.1.1                | 62,90           |
| 5.1.2                | 69,59           |
| 5.1.4                | 60,68           |
| <b>Total general</b> | <b>36286,95</b> |

Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

En la Ilustración 20 se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER, en el que sobresale el porcentaje de ocupación que logran obtener las zonas pantanosas 4.1.1. Estas áreas se consideran como refugio de fauna silvestre lo que

aumenta su sensibilidad e importancia ambiental y el uso dado debe ser únicamente de conservación.

**Ilustración 20 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Guasca.**



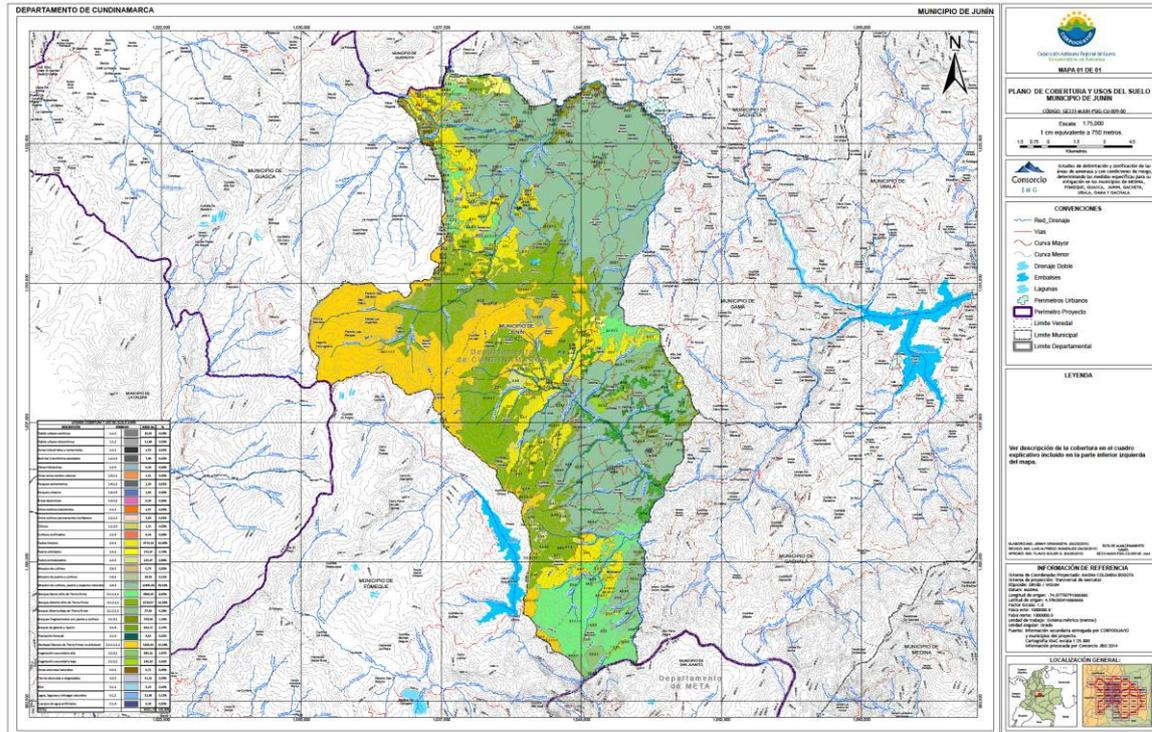
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Como resultado de la actualización del mapa de coberturas en el Anexo 1 Coberturas y usos del suelo, se presentan los planos generados para el municipio de Guasca a escala 1:25000, a la vez se presenta un plano general del municipio (GE333-MGUA-PSIG-CU-007).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 81   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### 2.3.3.6 Municipio de Junín

Ilustración 21. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Junín.



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para mayor detalle de la Ilustración 21 ver Volumen B Regional, Tomo IV Sismología y usos del suelo, Ver Anexo 1 Usos del suelo y cobertura GE333-MJUN-PSIG-CU-009-00.

En el municipio de Junín es posible hallar 33 tipos de coberturas como se muestra en la Tabla 13, en donde la cobertura Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales 2.4.3. Es una de las más representativas.

Tabla 13. Tipos de cobertura Municipio de Junín

| Tipo de Cobertura | Área (Ha) |
|-------------------|-----------|
| 1.1.1             | 10,55     |
| 1.1.2             | 11,68     |
| 1.2.1             | 2,59      |
| 1.2.2.1           | 7,46      |
| 1.2.5             | 0,34      |
| 1.4.1.1           | 1,41      |
| 1.4.1.2           | 2,30      |
| 1.4.1.5           | 1,04      |
| 1.4.2.2           | 0,34      |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALO | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 82   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

| Tipo de Cobertura | Área (Ha) |
|-------------------|-----------|
| 2.1.1             | 1,97      |
| 2.2.1.1           | 2,60      |
| 2.2.3.3           | 1,33      |
| 2.2.5             | 0,16      |
| 2.3.1             | 3749,37   |
| 2.3.2             | 271,07    |
| 2.3.3             | 225,07    |
| 2.4.1             | 0,79      |
| 2.4.2             | 38,59     |
| 2.4.3             | 12495,40  |
| 3.1.1.1.1         | 2808,57   |
| 3.1.2.1.1         | 6720,07   |
| 3.1.2.2.1         | 97,64     |
| 3.1.3.1           | 378,94    |
| 3.1.4             | 814,72    |
| 3.1.5             | 4,62      |
| 3.2.1.1.1.1       | 5265,64   |
| 3.2.3.1           | 836,56    |
| 3.2.3.2           | 134,49    |
| 3.3.1             | 0,71      |
| 3.3.3             | 31,16     |
| 5.1.1             | 9,29      |
| 5.1.2             | 52,98     |
| 5.1.4             | 0,38      |
| Total general     | 33979,83  |

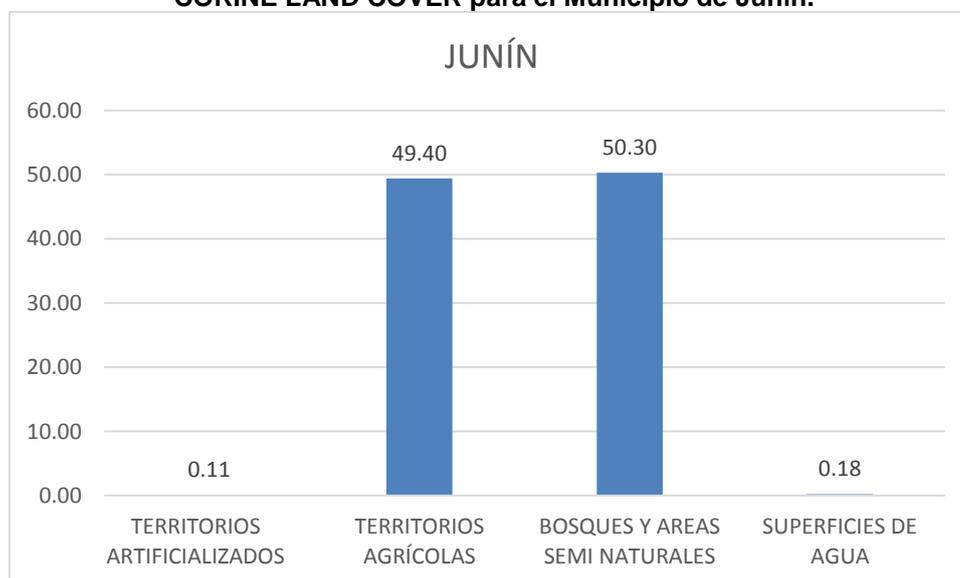
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

En la Ilustración 22 se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER, con los resultados obtenidos es posible analizar que tanto los bosques y áreas semi naturales y los territorios agrícolas ocupan extensiones muy similares siendo los usos de conservación y agrícola los más representativos; se deben establecer estrategias de capacitación a pequeños y medianos agricultores con el fin de evitar que la expansión de la frontera agrícola afecte las zonas boscosas y disminuya su representatividad dentro del área lo que afectaría de manera directa la flora y fauna presentes.

Las coberturas naturales más representativas para el área son el Bosque Abierto Alto de Tierra Firme 3.1.2.1.1. y los Herbazales Densos de Tierra Firme no arbolado 3.2.1.1.1.1.,

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 83   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 22 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Junín.**



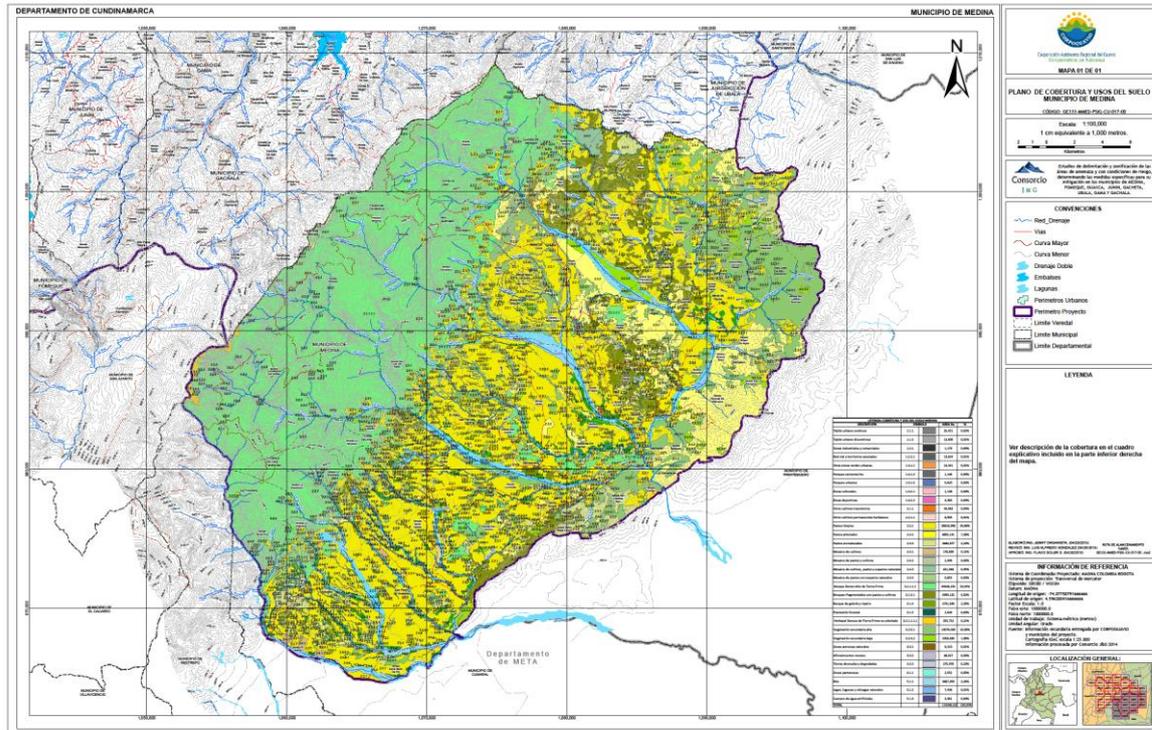
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Como resultado de la actualización del mapa de coberturas en el Anexo 1 Coberturas y usos del suelo, se presentan los planos generados para el municipio de Junín a escala 1:25000, a la vez se presenta un plano general del municipio (GE333-MJUN-PSIG-CU-009).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 84   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### 2.3.3.7 Municipio de Medina

Ilustración 23. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Medina.



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para mayor detalle de la Ilustración 23 ver Volumen B Regional, Tomo IV Sismología y usos del suelo, Ver Anexo 1 Usos del suelo y cobertura GE333-MMED-PSIG-CU-017-00.

En el municipio de Medina es posible hallar 32 tipos de coberturas como se muestra en la Tabla 14, en donde la cobertura (3.1.1.1.1) Bosque Denso Alto de Tierra Firme es una de las más representativas con un área de 40.448,23 Ha, una de las más extensas de la región.

Tabla 14. Tipos de cobertura Municipio de Medina

| Tipo de Cobertura | Área (Ha) |
|-------------------|-----------|
| 1.1.1             | 25,42     |
| 1.1.2             | 12,61     |
| 1.2.1             | 1,18      |
| 1.2.2.1           | 13,82     |
| 1.4.1.1           | 14,34     |
| 1.4.1.2           | 1,15      |
| 1.4.1.5           | 0,62      |
| 1.4.2.1           | 1,14      |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 85   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

| Tipo de Cobertura    | Área (Ha)        |
|----------------------|------------------|
| 1.4.2.2              | 4,38             |
| 2.1.1                | 43,06            |
| 2.2.1.1              | 8,99             |
| 2.3.1                | 36817,00         |
| 2.3.2                | 8805,13          |
| 2.3.3                | 3849,88          |
| 2.4.1                | 178,90           |
| 2.4.2                | 2,50             |
| 2.4.3                | 421,05           |
| 2.4.4                | 0,86             |
| 3.1.1.1.1            | 40448,23         |
| 3.1.3.1              | 5990,13          |
| 3.1.4                | 2731,64          |
| 3.1.5                | 2,05             |
| 3.2.1.1.1.1          | 255,72           |
| 3.2.3.1              | 13076,05         |
| 3.2.3.2              | 2358,84          |
| 3.3.1                | 9,21             |
| 3.3.2                | 48,03            |
| 3.3.3                | 275,98           |
| 4.1.1                | 2,55             |
| 5.1.1                | 3887,06          |
| 5.1.2                | 7,45             |
| 5.1.4                | 3,36             |
| <b>Total general</b> | <b>119298,31</b> |

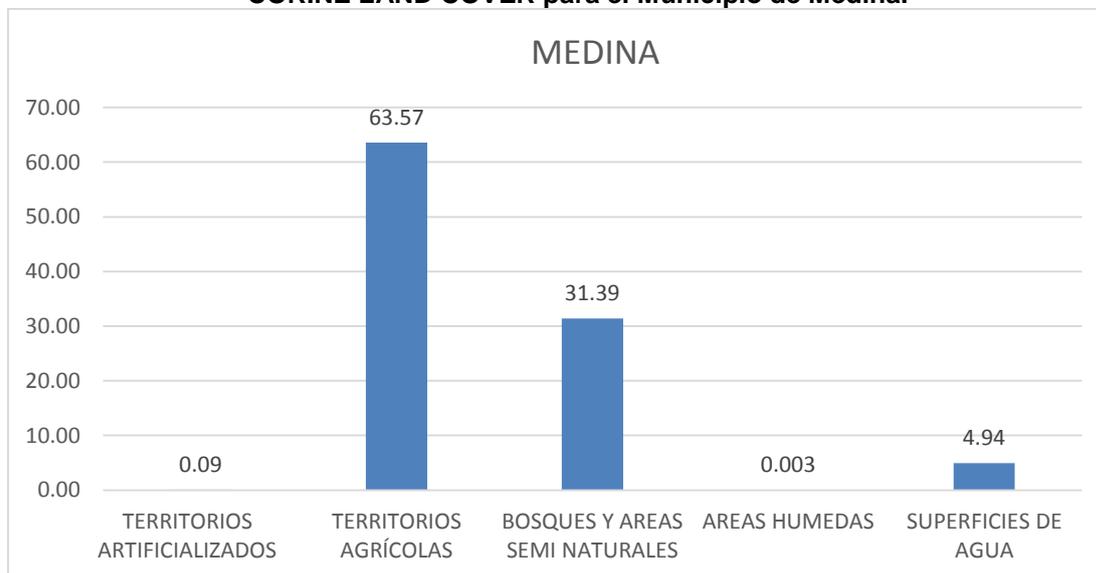
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

En la Ilustración 24 se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER, en donde los territorios agrícolas ocupan el 63,57% a pesar de importantes zonas boscosas presentes en el Municipio, la actividad de ganadería extensiva desarrollada en pastos limpios es muy característica para el área.

Por otra parte medina se consolida como el Municipio que tiene mayor área de Ríos con 3.887,06 Ha, lo que ratifica su riqueza hídrica y así mismo el Municipio de Medina es uno de los que contiene mayor extensión de los Bosques riparios en la jurisdicción de CORPOGUAVIO con un área de 2.731,64 Ha.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 86   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 24 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Medina.**



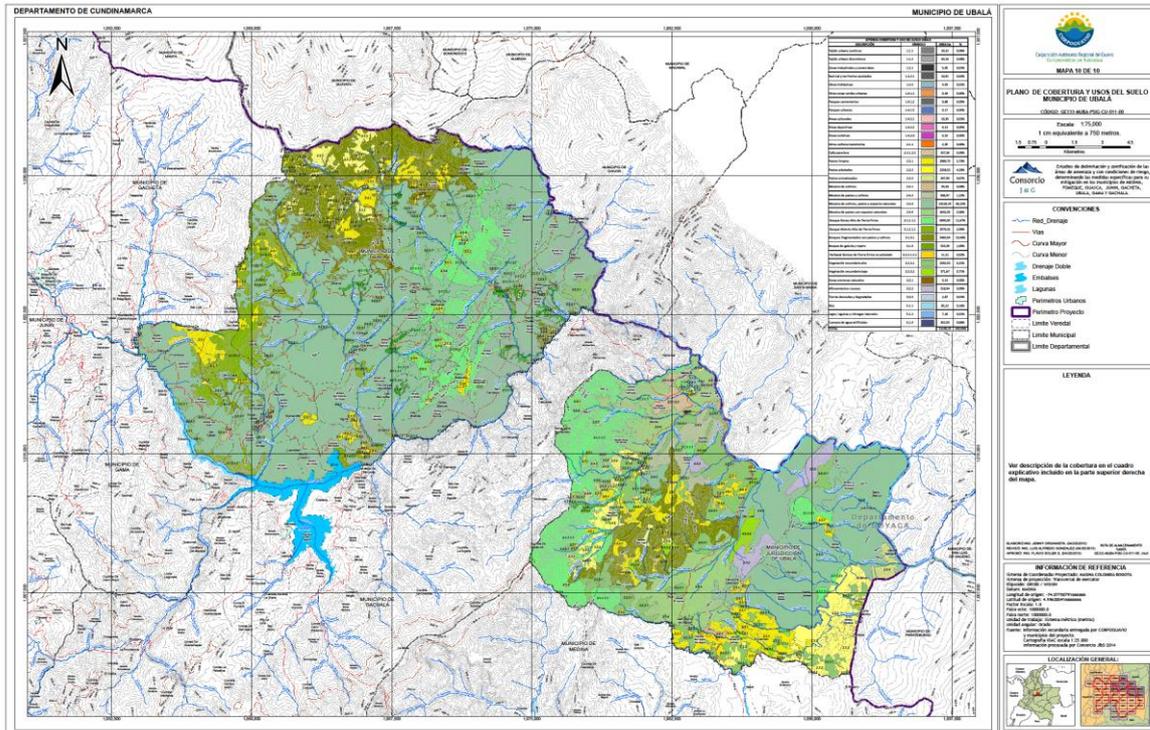
Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Como resultado de la actualización del mapa de coberturas en el Anexo 1 Coberturas y usos del suelo, se presentan los planos generados para el municipio de Medina a escala 1:25000, a la vez se presenta un plano general del municipio (GE333-MMED-PSIG-CU-017).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 87   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### 2.3.3.8 Municipio de Ubalá

Ilustración 25. Mapa general de coberturas y uso del suelo para el municipio de Ubalá.



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para mayor detalle de la Ilustración 25 ver Volumen B Regional, Tomo IV Sismología y usos del suelo, Ver Anexo 1 Usos del suelo y cobertura Ver GE333-MUBA-PSIG-CU-011-00.

En el municipio de Ubalá es posible hallar 33 tipos de coberturas como se muestra en la Tabla 15, en donde la cobertura Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales 2.4.3. Es una de las más representativas.

Tabla 15. Tipos de cobertura Municipio de Ubalá

| Tipo de Cobertura | Área (Ha) |
|-------------------|-----------|
| 1.1.1             | 29,22     |
| 1.1.2             | 40,16     |
| 1.2.1             | 5,05      |
| 1.2.2.1           | 10,91     |
| 1.2.5             | 4,59      |
| 1.4.1.1           | 0,34      |
| 1.4.1.2           | 0,88      |
| 1.4.1.5           | 0,17      |

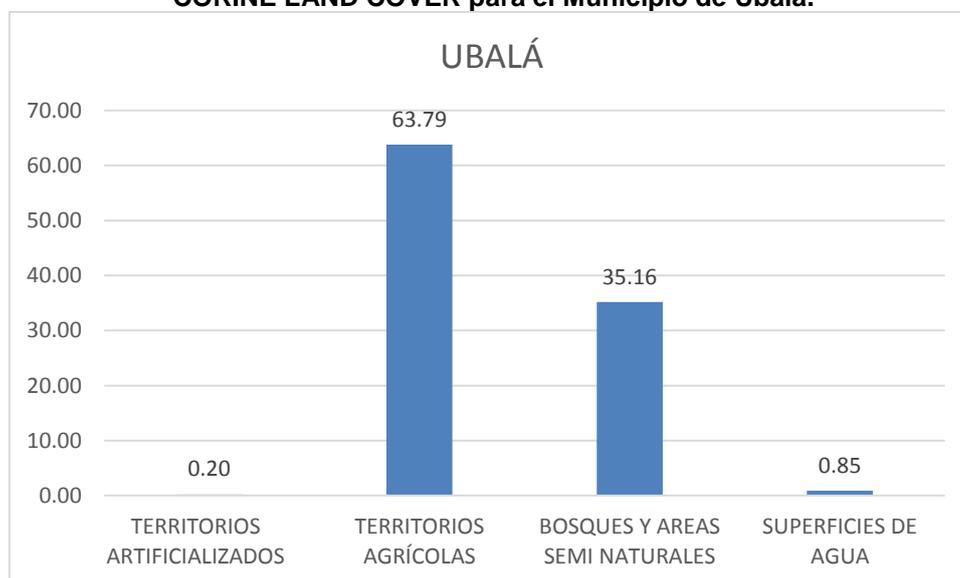
| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 88   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

| Tipo de Cobertura    | Área (Ha)       |
|----------------------|-----------------|
| 1.4.2.1              | 10,35           |
| 1.4.2.2              | 0,13            |
| 1.4.2.3              | 0,10            |
| 2.1.1                | 2,35            |
| 2.2.1.2.2            | 257,36          |
| 2.3.1                | 2989,73         |
| 2.3.2                | 2258,52         |
| 2.3.3                | 347,99          |
| 2.4.1                | 39,28           |
| 2.4.2                | 636,97          |
| 2.4.3                | 24126,29        |
| 2.4.4                | 2642,05         |
| 3.1.1.1.1            | 6090,95         |
| 3.1.2.1.1            | 2079,32         |
| 3.1.3.1              | 5460,94         |
| 3.1.4                | 523,39          |
| 3.2.1.1.1.1          | 11,21           |
| 3.2.3.1              | 3292,03         |
| 3.2.3.2              | 371,67          |
| 3.3.1                | 0,14            |
| 3.3.2                | 518,94          |
| 3.3.3                | 2,87            |
| 5.1.1                | 85,22           |
| 5.1.2                | 7,18            |
| 5.1.4                | 353,17          |
| <b>Total general</b> | <b>52199,49</b> |

Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

En la Ilustración 26 se presenta el porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER, con los resultados obtenidos es posible analizar que en el Municipio se encuentra una gran extensión de Territorios agrícolas; representados en su gran mayoría por mosaicos y pastos limpios. El cultivo de caña panelera es desarrollado a mayor escala en este Municipio

**Ilustración 26 Porcentaje de ocupación por cobertura usando el Nivel 1 de la Metodología CORINE LAND COVER para el Municipio de Ubalá.**



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Como resultado de la actualización del mapa de coberturas en el Anexo 1 Coberturas y usos del suelo, se presentan los planos generados para el municipio de Ubalá a escala 1:25000, a la vez se presenta un plano general del municipio (GE333-MUBA-PSIG-CU-011).

### 2.3.4 Usos del suelo

Como se muestra en la Tabla 16 los Usos del suelo presentes en la jurisdicción de CORPOGUAVIO se clasificaron en 16 Tipos teniendo en cuenta lo observado a través de la verificación de campo y la información brindada por algunos pobladores de los diferentes Municipios.

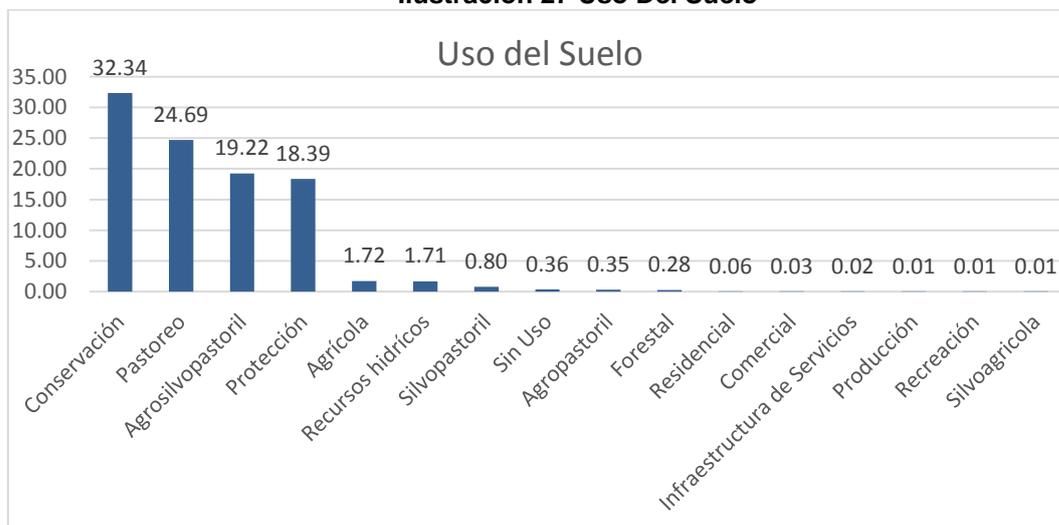
**Tabla 16. Uso del Suelo**

| USO DEL SUELO                | Área Ha   | % Área |
|------------------------------|-----------|--------|
| Agrícola                     | 6310,42   | 1,72   |
| Agropastoril                 | 1279,60   | 0,35   |
| Agrosilvopastoril            | 70510,48  | 19,22  |
| Comercial                    | 92,94     | 0,03   |
| Conservación                 | 118628,17 | 32,34  |
| Forestal                     | 1044,23   | 0,28   |
| Infraestructura de Servicios | 77,59     | 0,02   |
| Pastoreo                     | 90545,98  | 24,69  |
| Producción                   | 42,03     | 0,01   |
| Protección                   | 67431,71  | 18,39  |

| USO DEL SUELO     | Área Ha   | % Área |
|-------------------|-----------|--------|
| Recreación        | 23,48     | 0,01   |
| Recursos hídricos | 6268,22   | 1,71   |
| Residencial       | 222,54    | 0,06   |
| Silvoagícola      | 19,24     | 0,01   |
| Silvopastoril     | 2948,78   | 0,80   |
| Sin Uso           | 1322,63   | 0,36   |
| Total general     | 366768,04 | 100,00 |

El principal uso encontrado en la zona es el de conservación desarrollado en áreas de Bosques y Herbazales; seguido del Pastoreo realizado en áreas de Pastos limpios, arbolados y enmalezados y en tercer lugar el Agrosilvopastoril que se ve desarrollado en áreas de Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales (Ver Ilustración 27). Por lo anterior se puede inferir que en la Jurisdicción de CORPOGUAVIO las principales actividades productivas desarrolladas son la agricultura y la ganadería.

Ilustración 27 Uso Del Suelo



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

### 3 SISMOLOGIA

#### 3.1 ACELERACIÓN HORIZONTAL

La aceleración máxima horizontal a nivel de roca “es el parámetro más empleado en estudios de amenaza sísmica para representar el movimiento del terreno”<sup>2</sup>.

En este estudio se utilizarán funciones de distribución de valores extremos para la estimación de la aceleración horizontal, debido a que no se cuenta con la información completa de los sismos pequeños o intermedios que hayan ocurrido a través de la historia en Colombia.

La Aa se encuentra definida como “la fracción de la aceleración de la gravedad a nivel de roca” (Garzón, 2011) y resulta importante ya que el sismo de diseño se define como “el evento que produce una aceleración horizontal pico tal que la probabilidad de que sea excedida en un lapso de 50 años es de 10%” (Garzón, 2011).

Para el cálculo de la aceleración horizontal se utilizó el catálogo de sismos disponible en la página del Servicio Geológico Colombiano, el cual contiene información desde el año 1541 hasta la fecha actual, de los valores de magnitud y coordenadas de los eventos sísmicos ocurridos durante este periodo.

**Tabla 17. Coordenadas Geográficas la zona de estudio**

| Casco Urbano | Latitud (°) | Longitud (°) |
|--------------|-------------|--------------|
| Ubalá A      | -73.5323    | 4.747432     |
| Medina       | -73.3502    | 4.507182     |
| Junín        | -73.6632    | 4.790716     |
| Guasca       | -73.877     | 4.867379     |
| Gama         | -73.6112    | 4.763022     |
| Gachetá      | -73.6367    | 4.817441     |
| Gachalá      | -73.5204    | 4.693027     |
| Fómeque      | -73.8933    | 4.485218     |

Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

##### 3.1.1 Distancia entre sitio de estudio y un sismo

Inicialmente, se calculó la distancia entre el sitio de estudio (el cual comprende los municipios de Ubalá, Medina, Junín, Guasca, Gama, Gachetá, Gachalá y

<sup>2</sup> Garzón, P (2011). Evaluación de la Amenaza Sísmica de Colombia mediante análisis de valores extremos históricos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Fómeque cuyas coordenadas geográficas se muestran en la Tabla 17) y cada uno de los eventos sísmicos. Esto se realiza mediante la siguiente fórmula, la cual representa la distancia más corta entre la zona de estudio y la zona de la ruptura ( $r$ ).

$$m (\text{°}) = 111.11 \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

$$r(\text{km}) = \sqrt{(m)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

Donde

$x$  = longitud (°)

$y$  = latitud (°)

$z$  = Profundidad (km)

Un grado equivale a 111.11 km

### 3.1.2 Cálculo aceleración horizontal

Se determinaron los valores de aceleración horizontal a nivel de roca mediante 3 ecuaciones diferentes: ecuación de Donovan 1 (D1), Donovan 2 (D2) y Mac Guire<sup>3</sup>(MC). Estas ecuaciones son utilizadas con gran frecuencia porque permiten la estimación de los valores de aceleración a partir de la distancia entre la fuente del sismo y la zona de estudio.

#### Ecuación de Atenuación de Donovan 1

$$a_h = 1320 e^{0.580M} (r+25)^{-1.520}$$

#### Ecuación de Atenuación de Donovan 2

$$a_h = 1080 e^{0.500M} (r+25)^{-1.320}$$

#### Ecuación de Atenuación de Mac Guire

$$a_h = 472.3 e^{0.640M} (r+25)^{-1.301}$$

Donde

$a_h$  = máxima aceleración horizontal del terreno ( $\text{cm/s}^2$ )

$M$  = magnitud de Richter del sismo (MI)

$r$  = distancia más corta entre la zona de estudio y la zona de la ruptura (km)

Antes de empezar el análisis estadístico y una vez se han obtenido los valores de aceleración, se procede a escoger el valor máximo para cada año. Estos valores se convertirán en los datos de entrada del programa que serán ajustados (Ver Tabla 18). Este proceso se realizó para los 8 municipios que conforman la zona de estudio. A continuación se mostrarán los valores de

<sup>3</sup>Las ecuaciones de atenuación fueron empleadas en el "Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia" (AIS, 1996) para calcular las aceleraciones horizontales.

| VOLUMEN B - REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 93   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

aceleración máximos para el Municipio de Ubalá, los valores de los municipios restantes se encontraran en el anexo 2-1 un documento anexado al informe.

**Tabla 18. Valores máximos de aceleración horizontal para cada año y para cada ecuación de atenuación para el Municipio de Ubalá**

| EVENTOS SÍSMICOS MÁXIMOS ANUALES |                  |                  |                  |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Fecha (año)                      | DONOVAN 1 Ah (g) | DONOVAN 2 Ah (g) | Mac Guire Ah (g) |
| 1541                             | 0.0025           | 0.0046           | 0.0057           |
| 1566                             | 0.0041           | 0.0070           | 0.0080           |
| 1575                             | 0.0017           | 0.0032           | 0.0037           |
| 1587                             | 0.0023           | 0.0043           | 0.0053           |
| 1616                             | 0.0926           | 0.1050           | 0.1331           |
| 1627                             | 0.0017           | 0.0032           | 0.0037           |
| 1644                             | 0.0931           | 0.1055           | 0.1337           |
| 1646                             | 0.0282           | 0.0375           | 0.0441           |
| 1655                             | 0.0008           | 0.0017           | 0.0016           |
| 1660                             | 0.0017           | 0.0032           | 0.0037           |
| 1661                             | 0.0008           | 0.0016           | 0.0016           |
| 1662                             | 0.0017           | 0.0032           | 0.0037           |
| 1668                             | 0.0009           | 0.0019           | 0.0018           |
| 1687                             | 0.0020           | 0.0038           | 0.0047           |
| 1696                             | 0.0034           | 0.0059           | 0.0072           |
| 1698                             | 0.0038           | 0.0066           | 0.0096           |
| 1703                             | 0.0015           | 0.0029           | 0.0033           |
| 1728                             | 0.0008           | 0.0017           | 0.0016           |
| 1736                             | 0.0053           | 0.0088           | 0.0106           |
| 1743                             | 0.0689           | 0.0814           | 0.0948           |
| 1745                             | 0.0014           | 0.0028           | 0.0032           |
| 1751                             | 0.0042           | 0.0072           | 0.0082           |
| 1755                             | 0.0135           | 0.0197           | 0.0221           |
| 1757                             | 0.0026           | 0.0048           | 0.0064           |
| 1759                             | 0.0041           | 0.0071           | 0.0076           |
| 1765                             | 0.0027           | 0.0049           | 0.0053           |
| 1766                             | 0.0072           | 0.0115           | 0.0138           |
| 1768                             | 0.0007           | 0.0016           | 0.0015           |
| 1785                             | 0.1755           | 0.1830           | 0.2301           |
| 1792                             | 0.0050           | 0.0083           | 0.0095           |
| 1796                             | 0.0051           | 0.0085           | 0.0090           |
| 1797                             | 0.0053           | 0.0087           | 0.0138           |
| 1800                             | 0.0134           | 0.0197           | 0.0208           |
| 1802                             | 0.0007           | 0.0015           | 0.0015           |

| EVENTOS SÍSMICOS MÁXIMOS ANUALES |                  |                  |                  |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Fecha (año)                      | DONOVAN 1 Ah (g) | DONOVAN 2 Ah (g) | Mac Guire Ah (g) |
| 1805                             | 0.0389           | 0.0494           | 0.0633           |
| 1807                             | 0.0073           | 0.0115           | 0.0130           |
| 1817                             | 0.0042           | 0.0072           | 0.0082           |
| 1826                             | 0.0939           | 0.1065           | 0.1236           |
| 1827                             | 0.0119           | 0.0177           | 0.0255           |
| 1829                             | 0.0081           | 0.0127           | 0.0135           |
| 1834                             | 0.0078           | 0.0122           | 0.0177           |
| 1835                             | 0.0016           | 0.0031           | 0.0034           |
| 1840                             | 0.0017           | 0.0032           | 0.0035           |
| 1851                             | 0.0017           | 0.0033           | 0.0035           |
| 1854                             | 0.0009           | 0.0019           | 0.0018           |
| 1859                             | 0.0025           | 0.0045           | 0.0055           |
| 1868                             | 0.0040           | 0.0069           | 0.0091           |
| 1869                             | 0.0039           | 0.0067           | 0.0078           |
| 1875                             | 0.0088           | 0.0137           | 0.0178           |
| 1878                             | 0.0080           | 0.0126           | 0.0134           |
| 1882                             | 0.0027           | 0.0048           | 0.0064           |
| 1883                             | 0.0039           | 0.0067           | 0.0078           |
| 1884                             | 0.0094           | 0.0145           | 0.0173           |
| 1885                             | 0.0053           | 0.0088           | 0.0106           |
| 1886                             | 0.0024           | 0.0044           | 0.0050           |
| 1893                             | 0.0041           | 0.0070           | 0.0080           |
| 1894                             | 0.0067           | 0.0108           | 0.0143           |
| 1895                             | 0.0035           | 0.0061           | 0.0065           |
| 1903                             | 0.0355           | 0.0460           | 0.0452           |
| 1904                             | 0.0069           | 0.0109           | 0.0161           |
| 1905                             | 0.0023           | 0.0043           | 0.0051           |
| 1906                             | 0.0066           | 0.0105           | 0.0179           |
| 1908                             | 0.0019           | 0.0036           | 0.0030           |
| 1910                             | 0.0031           | 0.0056           | 0.0065           |
| 1911                             | 0.0067           | 0.0107           | 0.0145           |
| 1912                             | 0.0021           | 0.0039           | 0.0043           |
| 1914                             | 0.0040           | 0.0069           | 0.0094           |
| 1915                             | 0.0008           | 0.0017           | 0.0016           |
| 1916                             | 0.0015           | 0.0029           | 0.0028           |
| 1917                             | 0.0575           | 0.0693           | 0.0924           |
| 1918                             | 0.0021           | 0.0039           | 0.0042           |
| 1919                             | 0.0052           | 0.0087           | 0.0103           |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 95   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

| <b>EVENTOS SÍSMICOS MÁXIMOS ANUALES</b> |                         |                         |                         |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Fecha (año)</b>                      | <b>DONOVAN 1 Ah (g)</b> | <b>DONOVAN 2 Ah (g)</b> | <b>Mac Guire Ah (g)</b> |
| 1920                                    | 0.0038                  | 0.0066                  | 0.0077                  |
| 1921                                    | 0.0023                  | 0.0043                  | 0.0052                  |
| 1922                                    | 0.0023                  | 0.0042                  | 0.0050                  |
| 1923                                    | 0.0727                  | 0.0853                  | 0.0993                  |
| 1924                                    | 0.2925                  | 0.2858                  | 0.3268                  |
| 1925                                    | 0.0043                  | 0.0073                  | 0.0094                  |
| 1926                                    | 0.0033                  | 0.0057                  | 0.0073                  |
| 1927                                    | 0.0013                  | 0.0026                  | 0.0026                  |
| 1928                                    | 0.0090                  | 0.0139                  | 0.0157                  |
| 1929                                    | 0.0022                  | 0.0040                  | 0.0050                  |
| 1930                                    | 0.0060                  | 0.0098                  | 0.0114                  |
| 1931                                    | 0.0045                  | 0.0077                  | 0.0091                  |
| 1932                                    | 0.0058                  | 0.0095                  | 0.0119                  |
| 1933                                    | 0.0050                  | 0.0083                  | 0.0097                  |
| 1934                                    | 0.0036                  | 0.0063                  | 0.0074                  |
| 1935                                    | 0.0080                  | 0.0125                  | 0.0148                  |
| 1936                                    | 0.0030                  | 0.0054                  | 0.0066                  |
| 1937                                    | 0.0041                  | 0.0070                  | 0.0086                  |
| 1938                                    | 0.0098                  | 0.0150                  | 0.0195                  |
| 1939                                    | 0.0020                  | 0.0038                  | 0.0044                  |
| 1941                                    | 0.0050                  | 0.0084                  | 0.0084                  |
| 1942                                    | 0.0115                  | 0.0172                  | 0.0196                  |
| 1943                                    | 0.0034                  | 0.0059                  | 0.0080                  |
| 1944                                    | 0.0061                  | 0.0099                  | 0.0115                  |
| 1945                                    | 0.0054                  | 0.0089                  | 0.0109                  |
| 1946                                    | 0.0043                  | 0.0073                  | 0.0083                  |
| 1947                                    | 0.0026                  | 0.0047                  | 0.0053                  |
| 1948                                    | 0.0109                  | 0.0165                  | 0.0175                  |
| 1949                                    | 0.0022                  | 0.0041                  | 0.0052                  |
| 1950                                    | 0.0538                  | 0.0657                  | 0.0745                  |
| 1951                                    | 0.0067                  | 0.0108                  | 0.0115                  |
| 1952                                    | 0.0101                  | 0.0154                  | 0.0197                  |
| 1953                                    | 0.0030                  | 0.0053                  | 0.0063                  |
| 1954                                    | 0.0103                  | 0.0157                  | 0.0148                  |
| 1955                                    | 0.0090                  | 0.0140                  | 0.0128                  |
| 1956                                    | 0.0044                  | 0.0075                  | 0.0092                  |
| 1957                                    | 0.0130                  | 0.0191                  | 0.0251                  |
| 1958                                    | 0.0244                  | 0.0333                  | 0.0284                  |

| <b>VOLUMEN B – REGIONAL</b> | <b>ELABORO</b> | <b>REVISO</b> | <b>AVALÓ</b> | <b>APROBO</b> | <b>Pág.</b> |
|-----------------------------|----------------|---------------|--------------|---------------|-------------|
| Versión 2                   | JO             | HBC           | FSS          | UT-PGR        | 96          |
| Fecha: 07/04/2015           | DZ             |               |              |               |             |

| EVENTOS SÍSMICOS MÁXIMOS ANUALES |                  |                  |                  |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Fecha (año)                      | DONOVAN 1 Ah (g) | DONOVAN 2 Ah (g) | Mac Guire Ah (g) |
| 1959                             | 0.0048           | 0.0081           | 0.0077           |
| 1960                             | 0.0066           | 0.0106           | 0.0116           |
| 1961                             | 0.0129           | 0.0190           | 0.0247           |
| 1962                             | 0.0104           | 0.0157           | 0.0205           |
| 1963                             | 0.0128           | 0.0189           | 0.0173           |
| 1964                             | 0.0080           | 0.0125           | 0.0133           |
| 1965                             | 0.0152           | 0.0219           | 0.0222           |
| 1966                             | 0.0298           | 0.0395           | 0.0401           |
| 1967                             | 0.0150           | 0.0216           | 0.0280           |
| 1968                             | 0.0235           | 0.0322           | 0.0292           |
| 1969                             | 0.0146           | 0.0213           | 0.0183           |
| 1970                             | 0.0039           | 0.0068           | 0.0065           |
| 1971                             | 0.0068           | 0.0110           | 0.0096           |
| 1972                             | 0.0220           | 0.0304           | 0.0276           |
| 1973                             | 0.0163           | 0.0234           | 0.0232           |
| 1974                             | 0.0388           | 0.0498           | 0.0435           |
| 1975                             | 0.0232           | 0.0318           | 0.0288           |
| 1976                             | 0.0069           | 0.0111           | 0.0127           |
| 1977                             | 0.0238           | 0.0325           | 0.0303           |
| 1978                             | 0.0185           | 0.0262           | 0.0245           |
| 1979                             | 0.0125           | 0.0184           | 0.0246           |
| 1980                             | 0.0162           | 0.0233           | 0.0212           |
| 1981                             | 0.0066           | 0.0107           | 0.0099           |
| 1982                             | 0.0338           | 0.0441           | 0.0415           |
| 1983                             | 0.0056           | 0.0092           | 0.0097           |
| 1984                             | 0.0076           | 0.0120           | 0.0117           |
| 1985                             | 0.0121           | 0.0181           | 0.0185           |
| 1986                             | 0.0051           | 0.0085           | 0.0089           |
| 1987                             | 0.0047           | 0.0080           | 0.0072           |
| 1988                             | 0.0410           | 0.0521           | 0.0512           |
| 1989                             | 0.0127           | 0.0189           | 0.0180           |
| 1990                             | 0.0078           | 0.0123           | 0.0139           |
| 1991                             | 0.0225           | 0.0309           | 0.0306           |
| 1992                             | 0.0130           | 0.0192           | 0.0209           |
| 1993                             | 0.0086           | 0.0134           | 0.0123           |
| 1994                             | 0.0296           | 0.0395           | 0.0322           |
| 1995                             | 0.0371           | 0.0478           | 0.0470           |
| 1996                             | 0.0058           | 0.0096           | 0.0073           |

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 97   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

| EVENTOS SÍSMICOS MÁXIMOS ANUALES |                  |                  |                  |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Fecha (año)                      | DONOVAN 1 Ah (g) | DONOVAN 2 Ah (g) | Mac Guire Ah (g) |
| 1997                             | 0.0216           | 0.0300           | 0.0246           |
| 1998                             | 0.0065           | 0.0105           | 0.0082           |
| 1999                             | 0.0276           | 0.0370           | 0.0350           |
| 2000                             | 0.0111           | 0.0169           | 0.0129           |
| 2001                             | 0.0047           | 0.0079           | 0.0065           |
| 2002                             | 0.0064           | 0.0104           | 0.0089           |
| 2003                             | 0.0116           | 0.0175           | 0.0136           |
| 2004                             | 0.0355           | 0.0463           | 0.0355           |
| 2005                             | 0.0045           | 0.0077           | 0.0060           |
| 2006                             | 0.0381           | 0.0490           | 0.0447           |
| 2007                             | 0.0066           | 0.0107           | 0.0103           |
| 2008                             | 0.0577           | 0.0699           | 0.0758           |
| 2009                             | 0.0267           | 0.0362           | 0.0248           |
| 2010                             | 0.0205           | 0.0287           | 0.0215           |
| 2011                             | 0.0214           | 0.0298           | 0.0247           |
| 2012                             | 0.0196           | 0.0276           | 0.0219           |
| 2013                             | 0.0177           | 0.0254           | 0.0167           |
| 2014                             | 0.0175           | 0.0249           | 0.0217           |

### 3.2 AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN A LOS VALORES DE ACELERACIÓN HORIZONTAL

La teoría de valores extremos desarrolla modelos y técnicas para describir los sucesos menos comunes. Los valores extremos en un modelo también equivalen a los “máximos o mínimos” de los datos con los que se ha trabajado. El objetivo de la teoría de valores extremos es el de analizar los valores extremos observados y predecir valores extremos en el futuro (Ibañez Rosale, 2011).

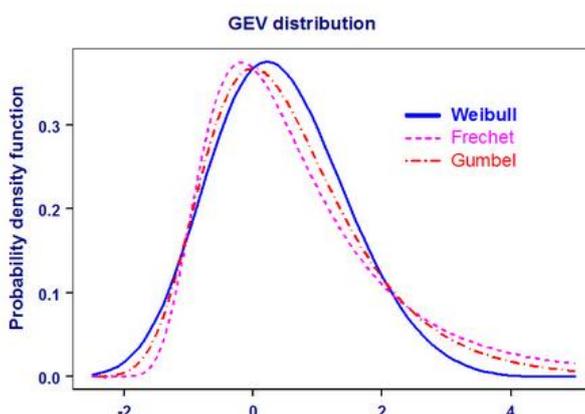
En esta sección, se van a aplicar diferentes pruebas estadísticas para definir la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos de aceleración horizontal (ver Tabla 18) mediante la utilización del programa “*The R Project for Statistical Computing*”. Resulta importante conocer la distribución de los valores máximos de aceleración horizontal porque de esta manera se identifican los parámetros sísmicos correspondientes a la zona de estudio. Este análisis se realizó para cada uno de los municipios que componen la zona de estudio y en este informe se mostrará como ejemplo el procedimiento realizado para el municipio de Ubalá y los resultados obtenidos para los municipios restantes.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 98   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### 3.2.1 Teorema de los Valores Máximos Extremos

Este teorema plantea que el máximo de una secuencia de observaciones, bajo condiciones generales, se ajusta aproximadamente a una distribución de Valores Extremos Generalizada (en inglés, generalized extreme value distribution, cuyas siglas son GEV) (WCIAP, 2014). La distribución se compone de tres familias: Gumbel, Frechet y Weibull, que cuando se condensan en una sola producen la distribución de valores extremos generalizada (Ibañez Rosale, 2011). En la Ilustración 28 se puede observar la forma gráfica de la función de densidad de cada una de las familias pertenecientes a la GEV.

**Ilustración 28. Distribución de Valores Extremos Generalizada con sus familias Weibull, Frechet y Gumbel**



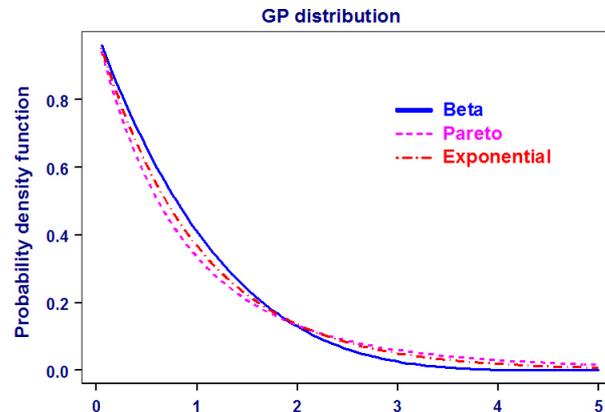
Fuente: (WCIAP, 2014)

### 3.2.2 Modelos de Umbrales

Los modelos de umbrales son de gran importancia dentro de la teoría de los valores extremos. En algunos casos resulta mejor utilizar los modelos de umbrales antes que la distribución GEV. En términos de la cola de la distribución el teorema plantea que las observaciones que excedan un umbral fijo establecido, bajo condiciones generales, se ajustan aproximadamente a una distribución Pareto Generalizada. La distribución se compone de tres familias: Exponencial, Pareto y Beta (Ibañez Rosale, 2011).

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 99   |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 29. Distribución de Pareto Generalizada con sus familias Exponencial, Pareto y Beta**

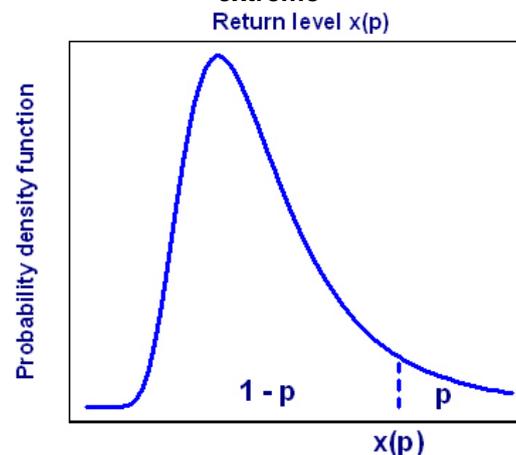


Fuente: (WCIAP, 2014)

### 3.2.3 Periodo de retorno y niveles de retorno

El periodo de retorno y nivel de retorno son conceptos que son utilizados comúnmente para transmitir información de la probabilidad de que ocurran eventos extremos como los sismos. Son considerados como los cuantiles de la distribución de valores extremos (WCIAP, 2014). Así, si  $x(p)$  (nivel de retorno, aceleración pico efectiva para diseño ( $A_a$ )) es el cuantil de orden  $p$  de una variable con una distribución de valores extremos, entonces  $p$  es la probabilidad de que  $x(p)$  sea superado una vez al año. Siguiendo este orden de ideas,  $1/p$ , es el número de unidades del tiempo que transcurrirán en media entre dos veces en los que la variable supere el valor de  $x(p)$  (WCIAP, 2014).

**Ilustración 30. Función de densidad de probabilidad del nivel de retorno de un evento extremo**



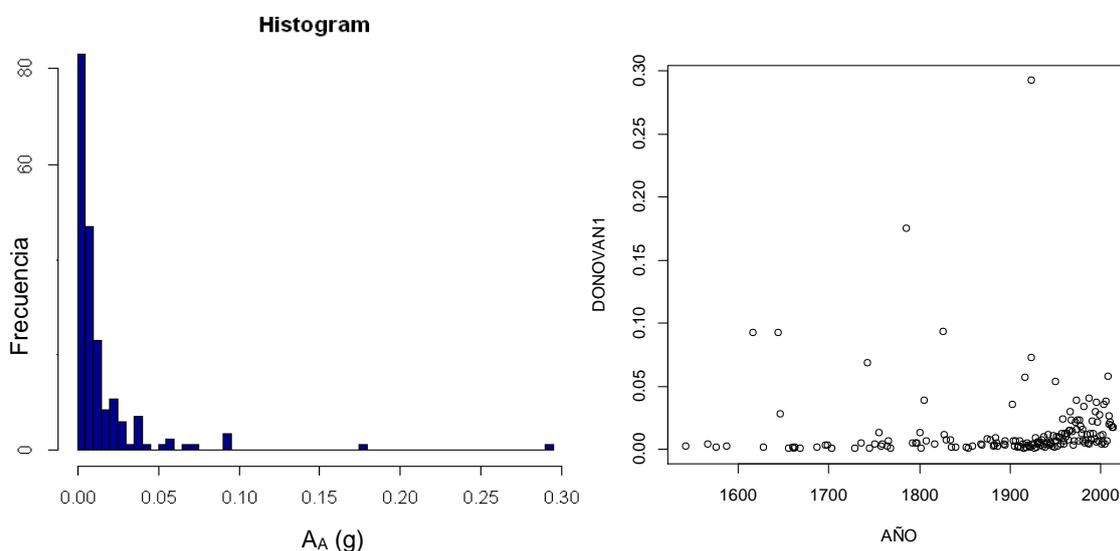
Fuente: (WCIAP, 2014)

|                      |         |        |       |        |      |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 100  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

### 3.2.4 Histograma de los valores extremos de aceleración horizontal

En primer lugar, se crea un histograma y un diagrama de dispersión de los datos de forma de que se logre observar su tendencia y comportamiento (WCIAP, 2014).

**Ilustración 31. Histograma de las aceleraciones horizontales máximas por año y diagrama de dispersión**



De la Ilustración 31, se puede observar como la distribución de los datos en el histograma es asimétrica positiva y se compone de sólo datos positivos.

### 3.2.5 Estimación de parámetros estadísticos

Utilizando la herramienta *fevd* de R, se ajustan las distribuciones GEV, Gumbel, Pareto Generalizada y Exponencial al conjunto de datos de aceleración horizontal máxima por año, con el fin de identificar cuál de ellas presenta el mejor ajuste a los datos. Esta herramienta arroja los valores de los parámetros de las distribuciones los cuales se muestran en la siguiente tabla.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 101  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Tabla 19 Parámetros de las Distribución de Valores Extremos y Modelos de Umbrales para municipio de Ubalá.**

| Distribución               | Parámetros  |
|----------------------------|---|
| <b>GEV</b>                 | $\hat{\mu} = 0.004384 \hat{\sigma} = 0.004307 \hat{\xi} = 0.8264$ |
| <b>Gumbel</b>              | $\hat{\mu} = 0.007286 \hat{\sigma} = 0.0102$                      |
| <b>Pareto Generalizada</b> | $\hat{\sigma} = 0.012929 \hat{\xi} = 0.531349$                    |
| <b>Exponencial</b>         | $\hat{\lambda} = 0.03118$   |

### 3.2.6 Representaciones Gráficas

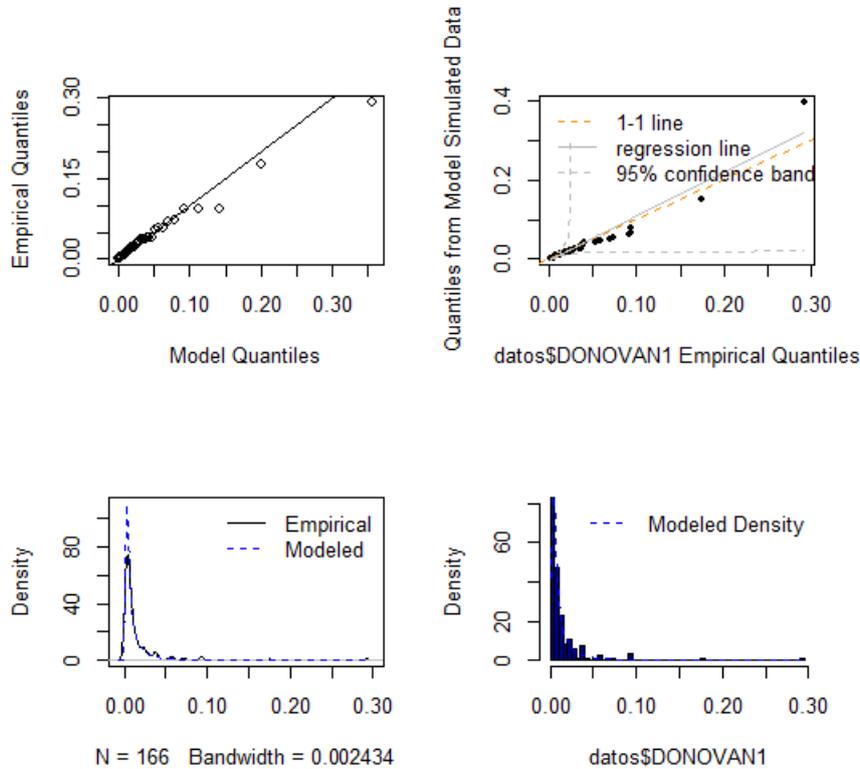
Las representaciones gráficas se pueden utilizar para evaluar la calidad de ajuste de las distribuciones al modelo de datos con los que se está trabajando. Estas herramientas son útiles porque permiten igualar las frecuencias empíricas con las frecuencias ajustadas por un modelo teórico.

Una manera de realizarlo de forma gráfica es dibujar las curvas de función de densidad de probabilidad del modelo teórico (FDP) junto al histograma de los datos o FDP empírico. En cualquiera de los dos casos se evalúa el ajuste dependiendo de qué tan parecidas resultan ser los dos modelos.

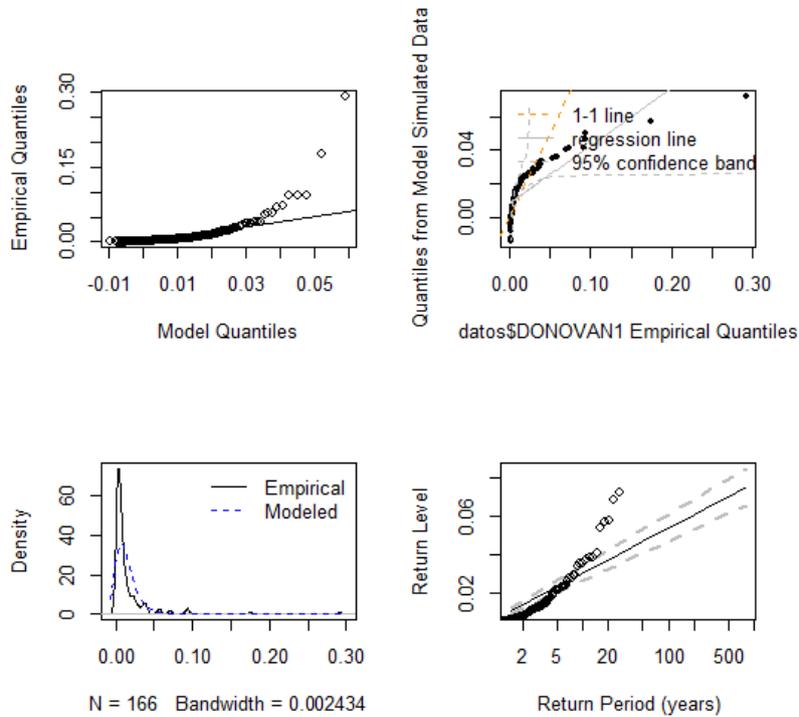
Otro método utilizado para comparar la calidad del ajuste, es el diagrama Cuantil-Cuantil (QQ-Plot), el cual es un gráfico de dispersión de los datos que compara las distribuciones teórica y empírica en términos de los valores dimensionales de la variable. El eje y representa los cuantiles empíricos y el eje x representa los cuantiles del modelo teórico. Adicionalmente, se grafica una línea de referencia de 45° y si los datos provienen de una población con la distribución escogida los puntos deben encontrarse aproximadamente cerca de esta línea. A mayor dispersión de la línea, mayor es la evidencia para concluir que los datos no se ajustan a la distribución escogida (Ricci, 2005).

En la Ilustración 32, Ilustración 33, Ilustración 34 y la Ilustración 35 se pueden ver el gráfico probabilístico, el diagrama de cuantiles, el gráfico de niveles de retorno y el gráfico de densidad para la distribución GEV, Gumbel, Pareto Generalizada y Exponencial.

**Ilustración 32. Representaciones gráficas para la aceleración horizontal máxima ajustada a la distribución de Valores Extremos Generalizada para el municipio de Ubalá**

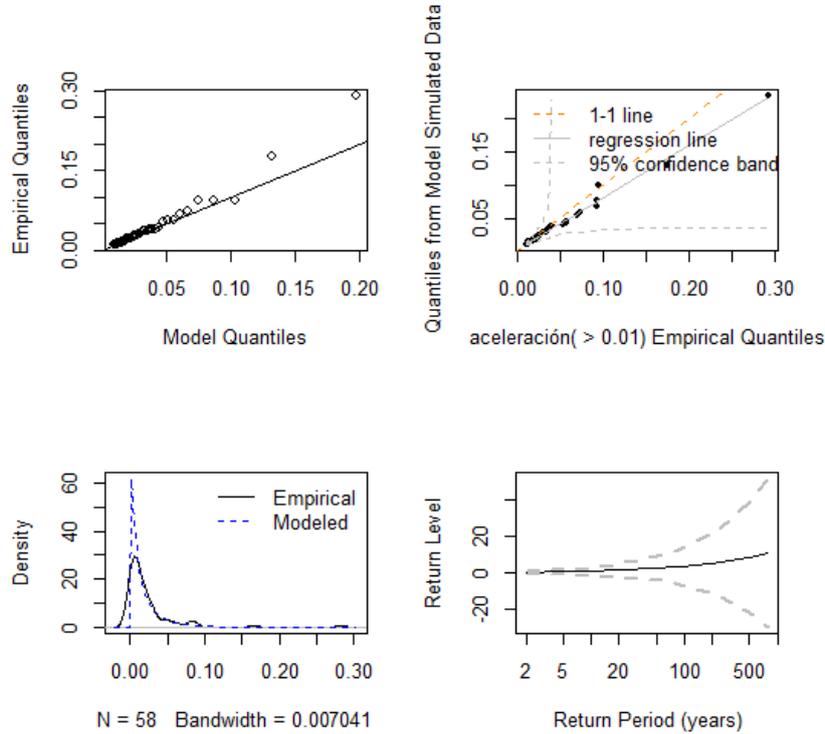


**Ilustración 33. Representaciones gráficas para la aceleración horizontal máxima ajustada a la distribución Gumbel para el municipio de Ubalá**

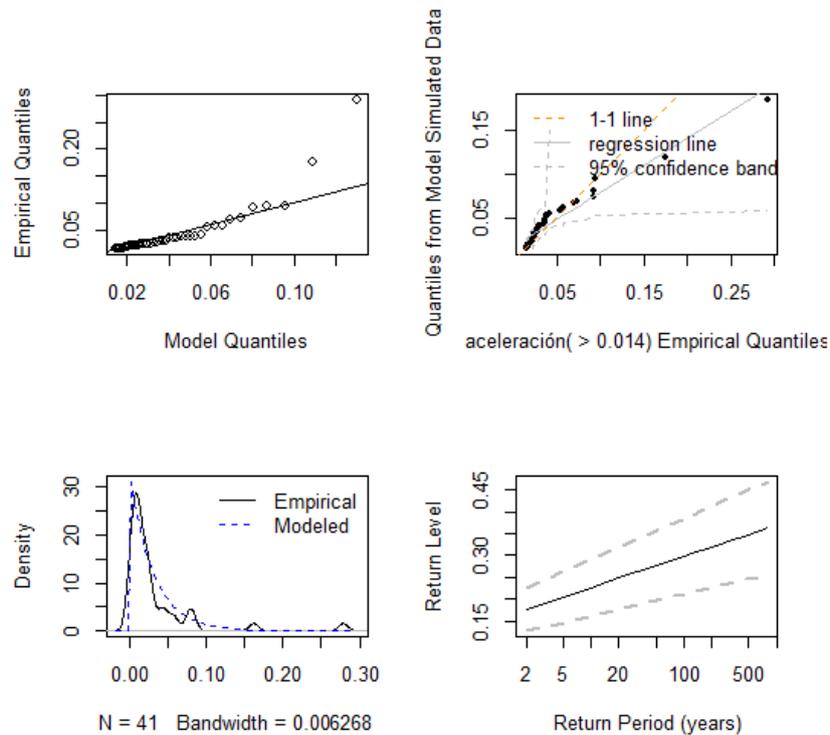


| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 104  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 34. Representaciones gráficas para la aceleración horizontal máxima ajustada a la distribución Pareto Generalizada para el municipio de Ubalá**



**Ilustración 35. Representaciones gráficas para la aceleración horizontal máxima ajustada a la distribución Exponencial para el municipio de Ubalá**



Analizando las representaciones gráficas de las diferentes distribuciones, se observa como la distribución exponencial es la que gráficamente se ajusta mejor a los datos. En las gráficas de cuantiles, los datos se encuentran la mayoría dispuestos sobre la línea recta y dentro del intervalo de confianza. En el gráfico de densidad se observa como la curva de la distribución empírica se ajusta a la curva de la distribución teórica.

### 3.2.7 Niveles de Retorno Municipio de estudio

Una vez se determinó que la distribución exponencial es la que mejor se ajusta a los datos de la aceleración horizontal a nivel de roca, se calculan los niveles de retorno (Aa) para los periodos de retorno mostrados en la Tabla 20.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 106  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Tabla 20. Niveles de retorno de la aceleración pico efectiva para diseño para los periodos de retorno de 2, 50, 100, 225, 475 y 1000 años y el nivel de retorno según la NSR-10 para los municipios que componen el área de estudio.**

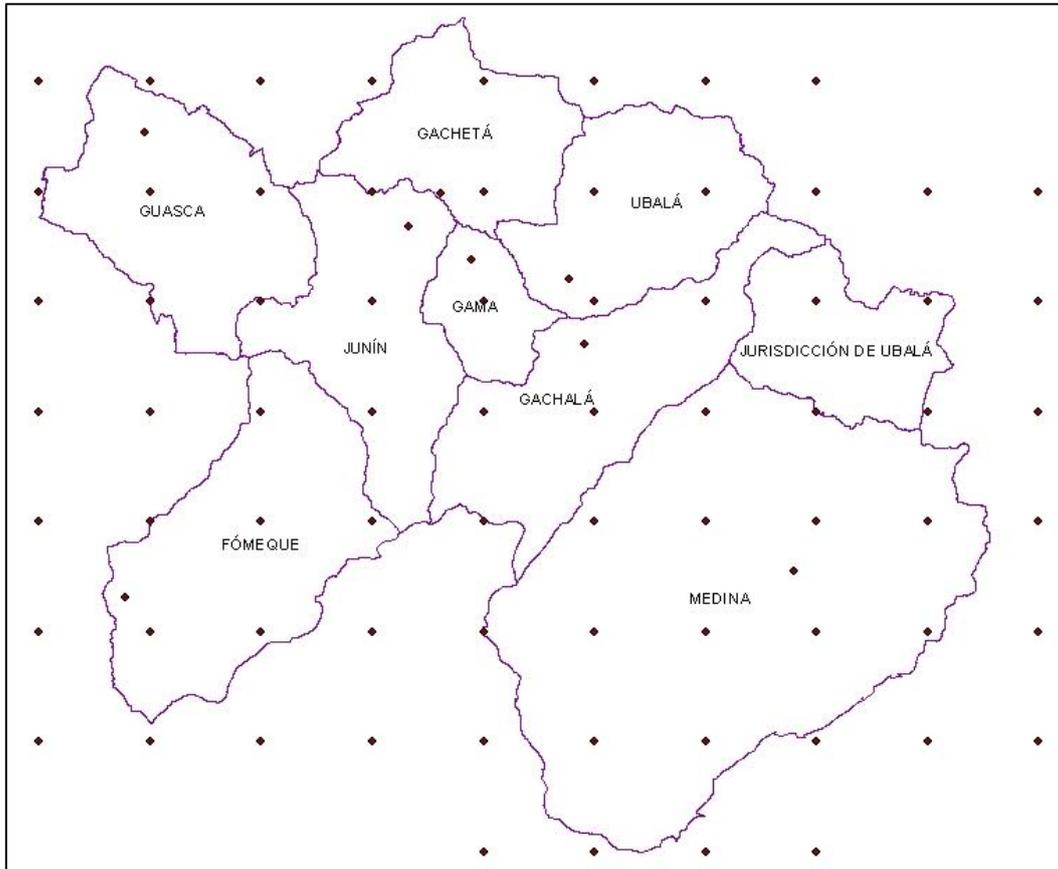
| Casco Urbano | Aa (g)         |                 |                  |                  |                  |                   | NSR-10<br>Tr = 475<br>años |
|--------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|----------------------------|
|              | Tr = 2<br>años | Tr = 50<br>años | Tr = 100<br>años | Tr = 225<br>años | Tr = 475<br>años | Tr = 1000<br>años |                            |
| Ubalá        | 0,18           | 0,28            | 0,30             | 0,32             | 0,35             | 0,37              | 0,35                       |
| Medina       | 0,18           | 0,28            | 0,30             | 0,33             | 0,35             | 0,38              | 0,35                       |
| Junín        | 0,10           | 0,15            | 0,16             | 0,17             | 0,20             | 0,20              | 0,20                       |
| Guasca       | 0,10           | 0,16            | 0,17             | 0,18             | 0,19             | 0,20              | 0,15                       |
| Gama         | 0,14           | 0,21            | 0,22             | 0,24             | 0,26             | 0,27              | 0,25                       |
| Gachetá      | 0,11           | 0,17            | 0,18             | 0,19             | 0,20             | 0,22              | 0,20                       |
| Gachalá      | 0,15           | 0,24            | 0,26             | 0,28             | 0,30             | 0,32              | 0,30                       |
| Fómeque      | 0,13           | 0,19            | 0,20             | 0,22             | 0,23             | 0,24              | 0,25                       |

Los valores de aceleración pico efectiva para diseño para un periodo de retorno de 475 años calculados por el consorcio se compararon con los valores del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10, cuyos valores también se encuentran tabulados en la Tabla 20. Se observó que para los municipios de Ubalá, Medina, Junín, Gachetá y Gachalá se obtuvieron valores iguales, mientras que para los municipios de Guasca y Gama los valores de las aceleraciones horizontales máximas son ligeramente mayores.

### 3.2.8 Mapa de Valores de Aa

Para la realización del mapa de valores Aa del área de estudio, se utilizó una grilla con una distancia de 10km entre punto y punto (ver Ilustración 36), en donde se determinaron los valores de aceleración para 93 puntos. Los valores de aceleración fueron calculados para los periodos de retorno de 2, 50, 100, 225, 475 y 1000 años. Este mapa de valores de Aa (ver Ilustración 37) sirve como base para elaborar el mapa de amenaza sísmica para la zona de estudio.

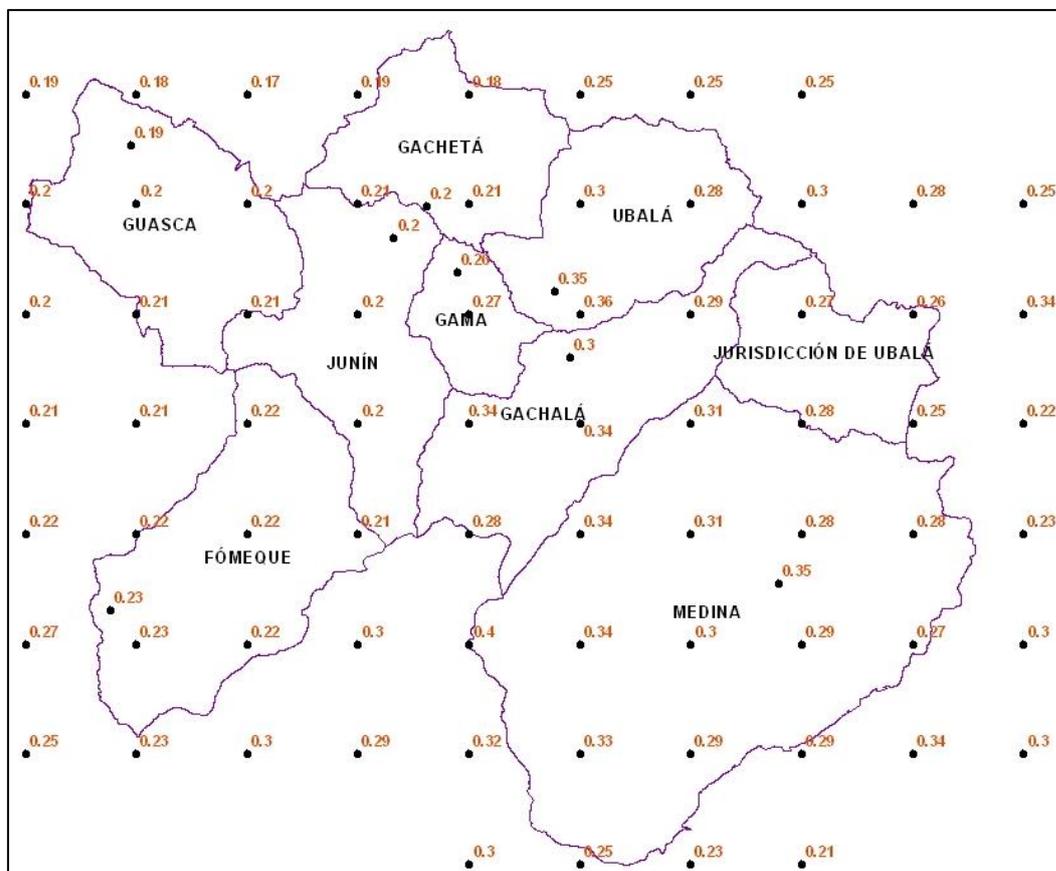
**Ilustración 36 Localización de cada uno de los puntos en los cuales se realizó el ajuste a la distribución Exponencial para los 8 municipios**



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 108  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

**Ilustración 37 Mapa de Valores de Aa de la zona de estudio para un periodo de retorno de 475 años**



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Adicionalmente, y con base en los anteriores mapas se elaboró un mapa de zonificación de amenaza sísmica (ver Ilustración 38) teniendo en cuenta la categorización mostrada a continuación:

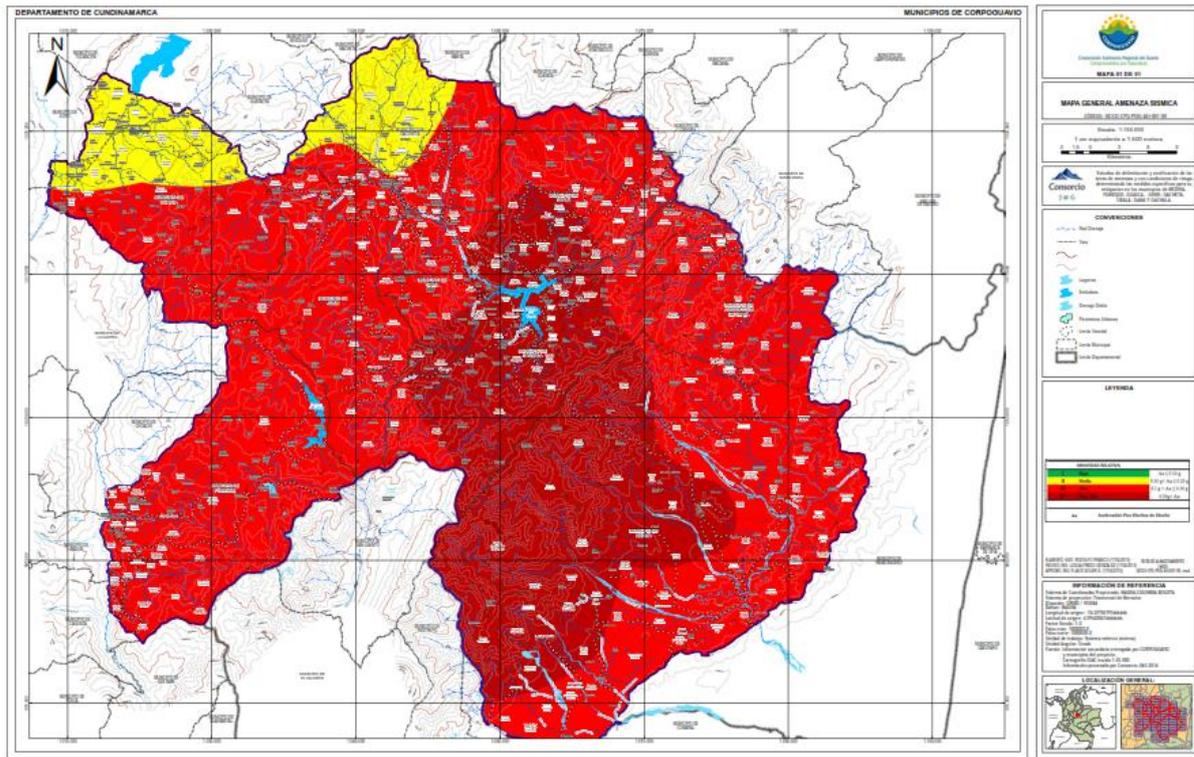
**Tabla 21. Categorización de la Amenaza Sísmica**

| Zona de Amenaza Sísmica | Rangos de categorización  |
|-------------------------|---------------------------|
| Muy Alta                | $0.30g < Aa$              |
| Alta                    | $0.2 g < Aa \leq 0.30 g$  |
| Media                   | $0.10 g < Aa \leq 0.20 g$ |
| Baja                    | $Aa \leq 0.10 g$          |

El mapa de zonificación de amenaza sísmica se creó por medio de la interpolación de *Vecino Natural* del programa ArcGIS. Esta herramienta se encarga de construir polígonos de Voronoi (Thiessen) de todos los puntos de la grilla dados y después crea nuevos polígonos de Voronoi alrededor de un

punto de interpolación. Por comparación, la herramienta se basa en la distancia inversa ponderada para asignar ponderaciones similares al punto que se encuentra más al norte (ArcGIS, 2010).

**Ilustración 38 Mapa de Zona de Amenaza Sísmica de la zona de estudio para un periodo de retorno de 475 años**



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

Para mayor detalle de la Ilustración 38 ver Volumen B Regional, Tomo V Amenaza regional, anexo 1 planos, amenaza sísmica, GE333-CPG-PSIG-ASI-001-00.

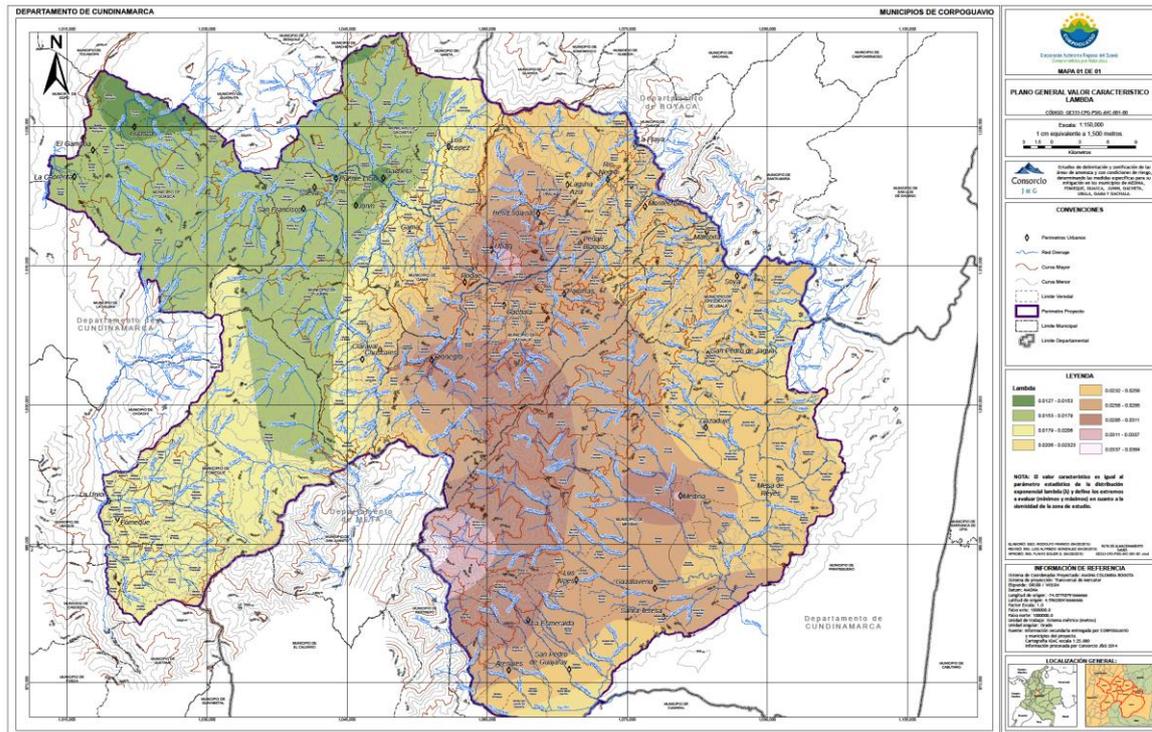
En la Ilustración 38 se observa como un gran porcentaje del área de estudio se encuentra con una amenaza alta ( $0.2 \text{ g} < A_a \leq 0.30 \text{ g}$ ), mientras que el municipio de Gachalá y gran parte del municipio de Medina se encuentran con una amenaza de muy alta ( $0.3 < A_a$ ). Por otra parte, los municipios de Guasca y Gachetá presentan zonas con amenaza media, y la zona de estudio en general no presenta ningún área con una amenaza baja.

De igual manera, se creó el mapa del valor característico de la función de distribución exponencial de la aceleración horizontal a nivel de roca. con el método de la interpolación del Vecino Natural. El valor característico es igual al parámetro estadístico de la distribución exponencial lambda ( $\lambda$ ). Este parámetro

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 110  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

es de gran importancia porque define los extremos a evaluar (mínimos y máximos) en cuanto a la sismicidad de la zona de estudio.

**Ilustración 39 Mapa del Valor Característico de la función de distribución exponencial de Aa para la zona de estudio.**



Fuente: CONSORCIO J&G, 2014

## 4 CONCLUSIONES SISMOLOGIA

Al graficar el histograma que representa los datos de aceleración horizontal, se observó que los datos estaban compuestos únicamente de valores positivos y que el comportamiento de la distribución presentaba una asimetría positiva. Por tratarse de datos que representan las aceleraciones máximas por año, se trabajó con el teorema de valores extremos para encontrar la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos trabajados.

Para la evaluación del ajuste de cada distribución (GEV, Gumbel, Pareto Generalizada y Exponencial), se utilizó el método gráfico de las curvas de función de densidad de probabilidad (FDP) del modelo teórico junto al histograma o el FDP de los datos empíricos. Así mismo, se utilizaron las gráficas de los cuantiles con intervalos de confianza. Los diagramas obtenidos

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 111  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

mediante los dos tipos de métodos gráficos sugieren que la distribución exponencial tiene un buen ajuste a los datos de aceleración horizontal.

Una vez se determinó la familia de la distribución a la cual pertenecían los datos, se calculó el nivel de retorno (aceleración pico efectiva de diseño,  $A_a$ ) para diferentes periodos de retorno (2, 50, 100, 225, 475 y 1000 años) y el valor característico de la distribución exponencial, el cual es igual al parámetro estadístico  $\lambda$ .

La Tabla 20 muestra los niveles de retorno determinados y los valores de la NSR-10. De esta tabla se observó que los valores calculados para los municipios de Ubalá, Medina, Junín, Gachetá y Gachalá presentan valores iguales a los de la NSR-10, mientras que para los municipios de Guasca y Gama los valores de las aceleraciones horizontales máximas son ligeramente mayores.

La Tabla 22 muestra los valores característicos correspondientes a los municipios de Ubalá, Medina, Junín, Guasca, Gama, Gachetá, Gachalá y Fómeque.

**Tabla 22. Valor Característico de la distribución exponencial de la  $A_a$  para los 8 municipios que componen la zona de estudio**

| Municipio | Parámetro ( $\hat{\lambda}$ ) |
|-----------|-------------------------------|
| Ubalá     | 0.0312                        |
| Medina    | 0.0317                        |
| Junín     | 0.0151                        |
| Guasca    | 0.0148                        |
| Gama      | 0.0222                        |
| Gachetá   | 0.0148                        |
| Gachalá   | 0.0262                        |
| Fómeque   | 0.0191                        |

La grilla de 92 puntos creada (ver Ilustración 36) permite generar mapas con mayor precisión de información ( $A_a$  y valor característico) en todo el área de estudio y no únicamente a los cascos urbanos. Esto se debe a que la interpolación realizada en ArcGIS, con la herramienta de *Vecinos Naturales*, permite calcular un valor para cada punto de estudio.

El mapa de amenaza sísmica indica que la zona de estudio se encuentra en su mayoría en un nivel de amenaza alta. Los municipios de Guasca y Gachetá son



ESTUDIOS DE DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE AMENAZA Y CON CONDICIONES DE RIESGO, DETERMINANDO LAS MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA SU MITIGACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE MEDINA, FÓMEQUE, GUASCA, JUNÍN, GACHETÁ, UBALÁ, GAMA Y GACHALÁ  
CONTRATO No 200-12-3-391



VOLUMEN B TOMO IV SISMOLOGIA Y USOS DEL SUELO

los únicos que presentan en zonas con amenaza media, mientras que sólo el municipio de Gachalá presenta un gran porcentaje de su área en amenaza alta. Por otro lado, el mapa del valor característico muestra que los municipios de Medina, Gachalá y Ubalá son los que presentan mayores valores característicos dentro de la zona de estudio.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 113  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

## 5 BIBLIOGRAFIA

Beven, K. J.; Lamb, R.; Quinn, P.; Romanowicz, R.; & Freer J. (1995). TOPMODEL. In: Sing VP (Ed), Computer Models of Watershed Hydro-logy. Water Resources Publications, Colorado. pp. 627-668.

Bosque, J. (1992). Sistemas de información geográfica. Madrid, Ediciones Rialp, 451 pp. Bracken, & Webster (1990). Information technology in Geography and planning. Including principles of G.I.S.. London: Routledge, 444 pp.

Burrough, P.A. (1986). Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford, Oxford University press, 194 pp.

Cardona, O.D. (1990). Terminología de uso común en manejo de riesgos. AGID, Reporte No. 13, EAFIT, Medellín.

Carlsson C. & Fuller, R. (1997). OWA operators for decision support. In: Proceedings of EUFIT97 Conference. Aachen, Germany, Verlag Mainz, Aachen, Vol. II, pp 1539-1544.

ras en roca: Casos reales. Riesgos Naturales en Ingeniería civil. UPC Barcelona, 1986, 99-136 pp.

Anbalagan, R. (1992). Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. Eng. Geol., 32: 269-277

Ardizzone F., Cardinali M., Carrara A., Guzzetti F. Reichenbach P. (2002). Impact of mapping errors on the reliability of landslide hazard maps. Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 2:1-2, 3-14.

Arora, M.K.; Das Gupta, A.S. Gupta, R.P. (2004). An Artificial Neural Network Approach for Landslide Hazard Zonation in the Bhagirathi (Ganga) Valley, Himalayas. International Journal of Remote Sensing, Vol. 25 (3), 559-572.

Ayala, F.J.; Elíazaga, E. González de Vallejo, L.I. (1987). Impacto económico y social de los riesgos geológicos en España. Serie Geología Ambiental. Riesgos Geológicos. I.G.M.E. Madrid. 91 pp.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 114  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Baeza, C. (1994). Evaluación de las condiciones de rotura y la movilidad de los deslizamientos superficiales mediante el uso de técnicas de análisis multivariante. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartográfica ETSECCPB-UPC.

Band, L.E. (1986). Topographic partition of watersheds with digital elevation models. *Water Resour. Res.*, V. 22, 15-24. Batherellos, G.C.; Kalivas, D. P. & Skilodimou, H. D. (2009). Mapas de susceptibilidad de deslizamientos basados en GIS aplicados a la planificación natural y urbanística en Trikala, Grecia Central. *Estudios Geológicos*, 65 (1). ISSN: 0367-0449. doi:10.3989/egeol.08642.036.

Beven, K. J. Kirkby, M. J., (1979). A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.* 24, 43-69

Beven, K. J. (2003). Review of 'Distributed hydrological modelling using GIS' by Baxter E Vieux. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, 17(6), 2003, 594-6.

Beven, K. J.; Lamb, R.; Quinn, P.; Romanowicz, R.; & Freer J. (1995). TOPMODEL. In: Sing VP (Ed), *Computer Models of Watershed Hydrology*. Water Resources Publications, Colorado. pp. 627-668.

Bosque, J. (1992). *Sistemas de información geográfica*. Madrid, Ediciones Rialp, 451 pp. Bracken, & Webster (1990). *Information technology in Geo-graphy and planning. Including principles of G.I.S.* London: Routledge, 444 pp.

Burrough, P.A. (1986). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Oxford, Oxford University press, 194 pp.

Campus, S.; Forlati, F. y Scavia, C. (2000). Preliminary Study for Landslide Hazard Assessment: GIS Techniques and a Multivariate Statistical Approach. A.E. Bromhead, N. Dixon and M.L. Ibsen (Eds): *Landslides in research, theory and practice*. Vol. 1, 215-220 pp. Tomas Telford. London.

Cardinali M., Reichenbach P., Guzzetti F., Ardizzone F., Antonini G., Galli M., Cacciano M., Castellani M. & Salvati P. (2002) A geomorphological approach to estimate landslide hazard and risk in urban and rural areas in Umbria, central Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 2:1-2, 57-72.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      |        |       |        |      |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 115  |

Cardona, O.D. (1990). Terminología de uso común en manejo de riesgos. AGID, Reporte No. 13, EAFIT, Medellín.

Carlsson C. & Fuller, R. (1997). OWA operators for decision support. In: Proceedings of EUFIT97 Conference. Aachen, Germany, Verlag Mainz, Aachen, Vol. II, pp 1539-1544.

Carrara A.; Guzzetti F.; Cardinali M. & Reichenbach P. (1999). Use of GIS Technology in the Prediction and Monitoring of Landslide Hazard. Natural Hazards, Vol. 20: 2-3, 117-135.

Carrara, A. (1983). Multivariate models for landslide hazard evaluation. Math. Geology 15, pp. 403-426.

Carrara, A. (1988). Landslide hazard mapping by statistical methods. A "black box" approach. Workshop on Natural Disasters in European Mediterranean Countries, Perugia, Italy, 205-224 pp.

Carrara, A.; Cardinali, M.; Guzzetti, F. & Reichenbach, P. (1995). GIS technology in mapping landslide hazard. En: Carrara A, Guzzetti F (Eds) Geographical information systems in assessing natural hazards, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 135-175 pp.

Castellanos, E.A. & Van Westen, C.J. (2008). Qualitative landslide susceptibility assessment by multicriteria analysis: a case study from San Antonio del Sur, Guantanamo, Cuba. In: Geomorphology: an international journal of pure and applied geomorphology, 94 (2008)3-4, pp. 453-466.

Castellanos, E.A. & van Westen, C.J., (2007). Generation of a landslide risk index map for Cuba using spatial multi-criteria evaluation. Landslides, 4 (4): 311-325.

Cebrian, J.A. y Mark, D. (1986). Sistemas de Información Geográfica. Funciones y estructuras de datos. Estudios Geográficos, (188) , pp 277-299.

Cereceda, I. (2006). Uso del SIG en los análisis de susceptibilidad y predicción de deslizamientos. Compendios de trabajos de investigación CNDG, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 7, pp. 191-202.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 116  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Chacon, J; Iragaray,C.; Fernandez, T. & El Haumondi, R. (2006). Engineering geologic maps: Landslides and Geographical Information Systems. Bull. Eng. Geol. Enviromen., 65, pp: 341-411.

Chivata, I. (2008). Estimación de la susceptibilidad ante deslizamientos: aplicación de conjuntos difusos y las teorías de la posibilidad y la evidencia. Universidad Nacional de Colombia. Revista Ingeniería e Investigación, Vol. 28 No. 1 pp 26-40.

Chung, C.F.; Fabbri, A.G. y van Westen, C.J. (1995). Multivariate regression analysis for landslide hazard zonation. En: A. Carrara and F. Guzzetti (Eds), Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards. Kluwer Academic Publishers, 107-133 pp

Corominas, J. (1992). Movimientos de ladera: predicción y medidas preventivas. I Congreso Iberoamericano sobre Técnicas aplicadas a la Gestión de emergencias para la Reducción de Desastres Naturales, pp.55-77. Valencia (España).

Crozier, M. (1986). Landslides: causes, consequences, & environment. London; Dover, N.H.: Croom Helm. ISBN: 0709907907.

Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes. En: Turner, A.A.K. and Schuster, R.L. (Eds.): Landslides. Investigation and Mitigation. Transportation Research Board, Special Report 247, 36-75 pp. National Academy Press, Washington, DC. Dietrich, W.E. y Dunne, T. (1978). Sediment budget for small catchment in mountainous terrain. Zeitschrift für geomorphologie, suppl. Bd. 29: 191-206.

Ercanoglu, M.; Kasmerand, O. & Temiz, N. (2008). Adaptation and comparison of expert opinion to analytical hierarchy process for landslide susceptibility mapping. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. Vol. 67, No. 4.

Ferrer, M. (1987). Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas. Serie Geología Ambiental. Riesgos Geológicos. I.G.M.E. Madrid. 175-192 pp  
Galli M., Ardizzone F., Cardinali M., Guzzetti F. & Reichenbach P. (2008) Comparing landslide inventory maps. Geomorphology, 94: 268 – 289

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 117  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Gao, J. (1993). Identification of topographic settings conducive to landsliding from DEM (digital elevation model) in Nelson County, Virginia (USA). *Earth Surface Processes and Landforms*, 8: 579-591.

Gonzalez, A.J. (1992). Avalanche risk evaluation at Utica (Columbia). Proc. 1er. Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el Estudio de riesgos Naturales. Bogotá, Colombia, 356-378 pp.

Gonzalez, L. (2002). Ingeniería Geológica. Prentice Hall. ISBN: 8420531049.

Gorsevski, P., Jankowski, P. & Gessler, P. (2006). An heuristic approach for mapping landslide hazard by integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process. *Control and Cybernetics*. Vol. 35, No. 1.

Guzzetti F. (2006). Landslide Hazard and Risk Assessment. Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität University of Bonn, Bonn, Germany. Ph.D. Thesis.

Guzzetti F., Carrara A., Cardinali M. & Reichenbach P. (1999). Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, Vol. 31, 181-216.

Guzzetti F., Reichenbach P., Ardizzone F., Cardinali M. & Galli M. (2006). Estimating the quality of landslide susceptibility models. *Geomorphology*, 81, 166-184. Guzzetti F., Reichenbach P., Cardinali M., Galli M. and Ardizzone F. (2005). Probabilistic landslide hazard assessment at the basin scale.

*Geomorphology*, Vol. 72: 272-299.

Hansen, A. (1984). Landslide hazard analysis. En: D. Brundsen and D.B. Prior (Editors), *Slope Stability*. John Wiley and Sons, 523-602 pp.

Hansen, A.; Franks, C.A.M.; Kirk, P.A. y Brimicombe, A.J. (1995). The application of GIS to landslide hazard assessment in Hong Kong. En: Carrara A. y Guzzetti F. (Editors), *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards*, Kluwer Pub., Dordrecht, the Netherlands, 273-298 pp.

Hadmoko, D.C.; Sartohadi, J.; Samodra, G.; Christanto, N. & Lavigne F. (2009). GIS application for comprehensive spatial landslides analysis in Kanyangan Catchment, Menoreh Mountains, Java, Indonesia. In: Malet, P.P; Rematre, A. &

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 118  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Bogaard T. (eds): Landslide Processes: from geomorphologic mapping to dynamic modelling. Strasbourg, France.

Highland, L. & Bobrowski, P. (2008). The landslides handbook - A guide to understand landslides. Reston, Virginia. U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p. Hua-Jie L., Chee-Meng M. & Wen-Cheong C. (2006). Web based fuzzy multicriteria decision making tool. International journal of the computer, the internet and management. Vol. 14. No. 2 pp 1-14.

IDEAM. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000. Bogotá, D.C: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDEAM - EPAM (2007). Propuesta de requerimientos de actualización y mejoramiento del sistema de información, infraestructura y modelos utilizados. Metodología y modelo conceptual para la validación y actualización de umbrales de los detonantes de amenazas de origen hidrometeorológico. Diagnóstico final. Bogotá.

Irigaray, C.; Lamas, F.; El Hamdouni, R.; Fernández, T. y Chacón, J. (2000). The importance of the Precipitation and the Susceptibility of the Slopes for the Triggering of Landslides Along the Roads. Natural Hazards, 21: 65-81.

Jenson, S.K. & Domingue, J.O. (1988). Extracting topographic structure from digital elevation data for Geographic Information System analysis. Photogramm. Eng. And Remote Sensing, v. 54:11, 1593-1600.

Jones, F.O.; Embody, D.R. y Peterson, W.C. (1961). Landslides along the Columbia River valley, Northeastern Washington. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 367, 98.

Kanungo, P., Arora, M. K., Sarkar S. & Gupta R. P. (2009). A fuzzy set based approach for integration of thematic maps for landslide susceptibility zonation. Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, Volume 3, pp. 30 - 43.

Kayastha, P. & De Smedt F. (2009). Regional slope instability zonation using GIS technique in Dhading, Central Nepal. In: Malet, P.P; Remaitre, A. & Bogaard T. (eds): Landslide Processes: from geomorphologic mapping to dynamic modelling. Strasbourg, France.

|                      |         |        |       |        |      |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 119  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Keefer, D. K. (1984). Landslides caused by earthquakes. *Geol. Soc. Am. Bull.* 95, 406-421  
Keeny, L. & Raiffa, H. (1993). *Decision with multiple objectives: preferences and value trade-offs.* Cambridge University Press. London. ISBN: 0521438837.

Khatsu, P. and van Westen, C.J. (2005). Urban multi - hazard risk analysis using GIS and remote sensing: a case study from Kohima town, Nagaland India. In: *ACRS 2005: proceedings of the 26th Asian conference on remote sensing, ACRS 2005, 7-11 November 2005, Hanoi, Vietnam.* Hanoi : Asian

Association on Remote Sensing (AARS), Geoinformatics Center, Asian Institute of Technology

Kwan-Hoon, Ch., No-Wook, P & Chang-Jo Ch. (2002). Fuzzy logic integration for landslide hazard mapping using spatial data from Boeun, Korea. *Geospatial Theory, Processing and Applications: ISPRS Commission IV - WG1: Spatial and temporal data modelling and analysis.*

Lan, H. X.; Zhou, C.H.; Wang, L.J.; Zhang, H.Y. & Li, R.H. (2004). Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in Xiaojiang watershed, Yunna, China. *Engineering Geology*, 76: pp 109-128.  
Liu, J.G.; Mason, P.J.; Clerici, N; Chen, S.A.; Davis, A.; Miao, F.; Deng, H. & Liang, L. (2004). Landslides hazard assessment in the Tree Gorges area of the Yangtze River using ASTER imagery: Zigui-Badog. *Geomorphology*, 61: pp: 171-187.

Londoño, J.P. (2007). Evaluación holística de riesgos frente a movimientos en masa en áreas urbanas andinas: Una propuesta metodológica. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, Número 20, pp 55-71. Medellín. ISSN 02120-3630.

Lopez, J.E. & Dolado, J.J. (2007). Estudio de los metodos de estimation: AHP y redes bayesianas. *ADIS-07: Seminario Apoyo a la Decision en Ingeniería del Software.* Universidad de Zaragoza.

Malczewski, J. (2006). Integrating multicriteria analysis and geographic information systems: the ordered weighted averaging (OWA) approach. *Int. J. Environmental Technology and Management*. Vol. 6. No. 1 de 2, pp 7-19.

Malet, J.P; Remaitre, A. 1 & Bogaard T. (eds) (2009). *Landslide Processes: from geomorphologic mapping to dynamic modelling.* Strasbourg, France.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 120  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Malet, J.P.; Thiery, Y.; Hervas, J.; Günther, A.; Puissant A. & Grandjean G. (2009a). Landslide susceptibility mapping at 1:1M scale over France: exploratory results with a heuristic model. In: Malet, P.P; Remaitre, A. & Bogaard T. (eds): Landslide Processes: from geomorphologic mapping to dynamic modelling. Strasbourg, France.

Martinez, J.; Mendez, R. & Lastra J. (2005). Modelos de susceptibilidad de movimientos en masa profundos para Asturias (norte de España). Rev. C&G, 19. 3 - 4, pp 23-35.

Meijerink, A.M.J. (1988). Data acquisition and data capture through terrain mapping units. ITC-Journal, 5, 1988:1, 23-44.

Montgomery, D.R. & Dietrich, W.E. (1994). A physically model for the topographic control on shallow landsliding. Water Resources Research 30 (4): 1153-1171.

Mora, R.; Chaves, J. & Vásquez, M. (2002). Zonificación de la susceptibilidad al deslizamiento: Resultados obtenidos para la península de Papagayo mediante la modificación del método Mora - Vahrson. III Curso Internacional Microzonificación y su aplicación en la mitigación de desastres, Lima.

Mora, R.; Varhson, W. & Mora, S. (1992). Mapa de amenaza de deslizamientos, Valle Central, Costa Rica. Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Latina (CEPREDENAC).

Mora, S. & Varhson, W. (1991). Determinación a-priori de la amenaza de deslizamientos sobre grandes áreas, utilizando indicadores morfodinámicos. In: Alzate, J.B. (ed) Memoria sobre el Primer Simposio Internacional sobre Sensores Remotos, Sistemas de Información Geográfica (SIG) para estudios de Riesgos Naturales. Bogotá D.C., Colombia.

Morillas, A. (2002). Introducción al análisis de datos difusos. Universidad de Malaga, Departamento de Estadística y Econometría. Libro electrónico (II, 62 p.): <http://www.eumed.net/libros/2006b/amr/index.htm>.

Moser, M. & Hohensinn, F. (1983). Geotechnical aspects of soils slips in Alpine Regions. Engineering Geology 19: 185-211. Mulder, H.F.H.M. (1991). Assessment of landslide hazard. Netherlandse Geografische Studies. Ph.D Thesis, University of Utrecht, 150 pp.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 121  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Muñoz, J. (1995). Técnicas de análisis multivariante. Banco Central de Costa Rica - División Económica - Departamento de Investigaciones Económicas. DIE-NT-01-95.

Muthu, K., Petrou, M., Tarantino, C. & Blonda, P. (2008). Landslide Possibility Mapping Using Fuzzy Approaches. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on Volume 46, Issue 4, pp. 1253 - 1265.

Najarajan, R.; Mukherjee, A.; Roy, A. & Khire, M.v. (1998). Temporal remote sensig data and GIS application in lanslides hazard zonation of part Western Ghat, India. International Journal of Remote Sensing, 19: pp 573-585.

NCGIA (1990). Core Curriculum. Tres volúmenes: I. Introduccion to GIS. li. Technical issues in GIS. III. Application issues in GIS. Santa Barbara, CA. National Center for Geographic Information and Analysis / University of California.

Newman, E.B.; Paradis, A.R. y Brabb, E.E. (1978). Feasibility and cost of using a computer to prepare landslide susceptibility maps of the San Fran-cisco Bay Region, California. US Geological survey Bulletin 1443, 29 pp.

OHagan, M. (1990). A fuzzy neuron based maximum entropy-ordered weigh-ting averaging. In: Bouchon-Meunier, B., Yaguer, R.R., and Zadeth, L. A. (Eds.): Uncertainty in Knowledge Bases, Springter-Verlag, Berlin, pp. 598-609.  
Ormazabal, G. (2002). El IDS: Un nuevo sistema integrado de toma de decisiones para la gestion de proyectos constructivos. Tesis de Doctorado. Universidad Politecnica de Cataluña.

Oyagi, N. (1984). Landslides in weathered rocks and residual soils in Japan and surrounding areas: a state-of-the-art report. 4th. Int. Symp. On Lands-lides, Toronto, vol3, 1-31 pp.

Pachauri, A.K. & Pant M. (1992). Landslide hazard mapping based on geo-logical attributes. Engineering Geology, 32 (1992), 81-100.

Pack, R.T.; Tarboton, D.G. & Goodwin, C.N. (1998). A Stability Index Ap-proach to Terrain Stability Hazard Mapping. SINMAP User's Manual. 68 pp.  
Parise, M. (2001). Landslide mapping techniques and their use in the assess-ment of the landslides hazard. Physics and Chemistry of the Earth, 26, pp 697-703.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 122  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Pradhan, B. & Lee, S. (2009). Landslides risk analysis using artificial neural network model focusing on different training sites. International Journal of physical Sciences. Vol. 4 (1), pp. 001-015.

Ramírez, F. (1988). Investigación de deslizamientos en la red vial nacional: Sistema semi-cuantitativo de evaluación a escala intermedia de zonas homogéneas de estabilidad. Tesis de Magister. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Saaty, T. L. (1981). The Analytical Hierarchy Process. New York. Mc Graw- Hill.

Salazar, L. (2007). Modelaje de la amenaza al deslizamiento mediante el Sistema de Información Geográfico Ilwis utilizando el método Mora & Varhson, 1991. Jornadas Internacionales sobre Gestión del Riesgo de Inundaciones y Deslizamientos de Laderas. San Carlos (Brasil).

Salvati P., Balducci V., Bianchi C., Guzzetti F. & Tonelli G. (2009). A WebGIS for the Dissemination of Information on Historical Landslides and Floods in Umbria, Italy. Geoinformatica. DOI 10.1007/s10707-008-0072-1.

Santacana, N. (2001). Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de sistemas de información geográfica. Aplicación a la cuenca alta del río Llobregat. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartográfica ETSECCPB-UPC.

Sarkar, S. & Kanungo, D.P. (2004). An integrated approach for landslide susceptibility mapping using remote sensing and GIS. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 70, 617-625

Sarkar, S. & Kanungo, D.P. (2005). Landslide hazard zonation in India: a re-view.  
<http://www.thefreelibrary.com/Landslide+hazard+zonation+in+India:+a+review-a0155784149>.

Sarkar, S. & Gupta, P.K. (2005). Techniques for landslide hazard zonation- Application to Srinagar-Rudraprayag area of Garhwal Himalaya. Geological Society of India Geological Society of India, Vol.65, 217-230.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 123  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Schmith, J.; Turek, G.; Clark, M.P., Uddstrom, M. & Dymond, J.R. (2008). Probabilistic forecasting of shallow, rainfall-triggered landslides using real-time numerical weather predictions. *Natural Hazard Earth System Sciences* 8, pp 349-357.

Schmith, K.M.; Roering, J.J.; Stock J.D.; Dietrich, W.E.; Montgomery, D.R.; Shaub T. (2001). The variability of root cohesion as an influence on shallow landslides susceptibility in the Oregon Coast Range. *Can. Geotechnical J.* 38, pp. 995-1024.

Sidele, R.C.; Pearce, A.J. y O'Loughlin, C.L. (1985). Hillslope Stability and Land use. Chapter 4, Natural factors affecting slope stability, 31-72 pp. *Water Resources Monograph Series 11*, American Geophysical Union, Washington, D.C., 140 pp.

Smith, T.C. (1988). A method for mapping relative susceptibility to debris flows, with an example from San Mateo County. *USGS Professional Paper 1434*: 185-194 pp. Soeters, R. & van Westen C.J. (1996). Slope instability recognition, analysis and zonation. In: Turner, A.K. & Schuster R.L. (eds.): *Landslides, investigation and mitigation*. Transportation Research Board.

Soler, F. (2003). Metodología para el análisis de riesgo por deslizamientos. Tesis de Magister. Universidad de Los Andes, Bogotá.

Speight, J.G. (1977). Landform pattern description from aerial photographs. *Photogram.*, v. 32, 161-182.

Suarez, J. (2009). Deslizamientos. Libro electrónico: [www.erosion.com.co](http://www.erosion.com.co). Swanson, F.J. & Fredicksen, R.L. (1982). Sediment routing and budgets: Implications for judging impacts of forest practices. In: *Sediment Budgets and Routing in forested Drainage Basins*, USDA Forest Service, Ge. Techn. Report PNW-141, Portlnad, OR., 129-137 pp.

Swanson, F.J.; Swanson, M.M. & Woods, C. (1981). Analysis of the debris erosion in steep forested lands: An example from Mapleton, Oregon, USA. *Int. Assoc. Hydrol. Sciences AISH Publ.* 132: 67-75 pp.

Taco, A. (2006). Uso de las relaciones difusas para elaborar mapas de susceptibilidad a deslizamientos. *Compendios de trabajos de investigación CNDG*, Instituto Geofísico del Perú, Vol. 1, pp. 175-197.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 124  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Tae-Heon, M & Woo-Bae L. (1999). Construction of supporting system for decision making process of zoning designation and change that has fuzziness. The 6th International Conference Computers in Urban Planning and Urban Management.

Thiery, Y., Malet, J. P., & Maquaire, O. (2006). Test of fuzzy logic rules for landslides susceptibility assessment. SAGEO 2006: International Conference on Spatial Analysis and Geomatics. Research & Development. Strasbourg.

Thiery, Y.; Sterlacchini, S.; Malet, J-P.; Puissant, A.; Remaitre, A. & Maquaire, O. (2004), Modelisation spatiale de la susceptibilite des versants aux mouvements de terrain, Strategie et application d'une analyse bivariee par SIG. Cassini 04, 7eme Conference du GDR SIGMA, Geomatique et Analyse spatiale, Grenoble, France, pp.61-66.

Van Den Eeckhaut, M., Reichenbach P., Guzzetti F., Rossi M. & Poesen J. (2009) Combined landslide inventory and susceptibility assessment based on different mapping units: an example from the Flemish Ardennes, Belgium. Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol: 9, 507-521.

Van Westen, C. J.; Seijmonsbergen, A.C. & Mantovani, F. (1999). Comparing landslides hazard maps. Natural Hazards, 20: pp. 137-158. Van Westen, C.J. (1990). A medium scale landslides hazard analysis using a PC - based GIS : a case study from Chinchina, Colombia. In: Proceedings 1er simposio internacional sobre sensores remotos y sistemas de información geográfica (SIG) para el estudio de riesgos naturales, Bogotá, Colombia : Vol. 2, 15 p.

van Westen, C.J. (1992). Scale related GIS techniques in the analysis of landslide hazard. In: Proceedings 1er Simposio internacional sobre sensores remotos y sistemas de informacion geograafica (SIG) para el estudio de riesgos naturales, Bogotá, Colombia, pp. 484-498.

van Westen, C.J. (2004). Geo - information tools for landslide risk assessment: an overview of recent developments. In: Landslides : evaluation and stabilization - glissement de terrain: Evaluation et Stabilisation : proceedings of the 9th international symposium on landslides, June 28 -July 2, 2004 Rio de Janeiro, Brazil / ed. by W. Lacerda, M. Erlich, S.A.B. Fontoura and A.S.F. Sayao. London : Balkema, 2004. ISBN: 978-0-415-35665-7. pp. 39-56.

|                      |         |        |       |        |      |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 125  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

Varnes, D.J. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Natural Hazards, 3. UNESCO, Paris, 63 pp

Verstappen H.T. (1983). Applied geomorphology: geomorphological survey for environmental development. Elsevier, Amsterdam  
Voogd, H. (1983). Multi-criteria evaluations for urban and regional planning. Princenton University, London.

WPWLI. (1993). Multilingual landslide glossary. The Canadian Geotechnical society. Bitech Publishers Ltd.

Yager, R. R. (1988). On Orderer Weighted Averaging aggregation operators in multicriteria decision making. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 8, pp. 183-190.

Yager, R. R. (1993). Families of OWA operators. Fuzzy Sets and Systems-59, pp 125-148.

Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. IEEE Information and Control, 8: 338-353 pp.  
Zadeh, L.A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy Sets and Systems, 1: 3-28 pp.

Departamento de Cundinamarca, Secretaria de Planeación, (Julio 2013), Lineamientos para la formulación de cartografía de los planes de ordenamiento territorial.

Consejo municipal de Gachalá, Acuerdo No 15 (Por medio del cual se adopta el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Gachalá, Cundinamarca, y se dictan otras disposiciones)

Zonificación ambiental del municipio de Junín, Capítulo 1 Ubicación geográfica y reseña histórica, Pág. 1

Proyecto de acuerdo (Por medio del cual se adopta el Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Ubalá Cundinamarca y se dictan otras disposiciones)

Universidad Nacional de Colombia Facultad de ciencias Económicas, Centro de Investigación para el Desarrollo, Esquema de ordenamiento territorial municipios jurisdicción de Corpoguaiavo.

| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 126  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |

|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <p>ESTUDIOS DE DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE AMENAZA Y CON CONDICIONES DE RIESGO, DETERMINANDO LAS MEDIDAS ESPECÍFICAS PARA SU MITIGACIÓN EN LOS MUNICIPIOS DE MEDINA, FÓMEQUE, GUASCA, JUNÍN, GACHETÁ, UBALÁ, GAMA Y GACHALÁ<br/>CONTRATO No 200-12-3-391</p> |  |
| <b>VOLUMEN B TOMO IV SISMOLOGIA Y USOS DEL SUELO</b>                              |  |  |

Alcaldía municipal de Gachetá, (2001), Acuerdo No 15 (Por el cual se adopta el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Gachetá y se dictan otras disposiciones.

Alcaldía municipal de Guasca (2000), Acuerdo No 063 (Por medio del cual se adopta el esquema de ordenamiento territorial del municipio de Guasca Cundinamarca y se dictan otras disposiciones)

ECOFORREST LTDA, Diagnostico y plan de ordenamiento de la cuenca aportante del rio Guavio y áreas de drenaje de los municipios de Fómeque, Fases diagnóstico, prospectiva y formulación.

Enviromental (2009), Actualización del mapa de cobertura y uso actual de la tierra escala 1:10.000 del área de la jurisdicción de Corpoguavio.

INGETEC, Proyecto hidroeléctrico del Guavio.

CORPOGUAVIO (2010), Áreas protegidas en la jurisdicción de Corpoguavio.  
CORPOGUAVIO, Subdirección de gestión ambiental, Serie de ecosistemas estratégicos inventario de humedales Jurisdicción de Corpoguavio.

Convenio Colombo-Alemán proyecto rio Guatiquía (1999), Hacia un mejor manejo de potreros en zonas de ladera, Experiencias en fincas agrosilvopastoriles en la cuenca alta del Rio Guatiquía.

|                      |         |        |       |        |      |
|----------------------|---------|--------|-------|--------|------|
| VOLUMEN B – REGIONAL | ELABORO | REVISO | AVALÓ | APROBO | Pág. |
| Versión 2            | JO      | HBC    | FSS   | UT-PGR | 127  |
| Fecha: 07/04/2015    | DZ      |        |       |        |      |