

IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA DE RUTA PARA LA ADAPTACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO
AL CAMBIO CLIMÁTICO (INCLUYENDO EL USO DE LA HERRAMIENTA DE SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS) E IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE VULNERABILIDAD DEL SECTOR
MINERO Y DE LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Documento de factores de vulnerabilidad y riesgo relacionados con la variabilidad climática y
el cambio climático del sector minero



Elaborado para:



Elaborado por:



Bogotá


Octubre de 2015

**IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA DE RUTA PARA LA ADAPTACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO
AL CAMBIO CLIMÁTICO (INCLUYENDO EL USO DE LA HERRAMIENTA DE SERVICIOS
ECOSISTÉMICOS) E IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE VULNERABILIDAD DEL SECTOR
MINERO Y DE LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**

**Documento de factores de vulnerabilidad y riesgo relacionados con la variabilidad climática y
el cambio climático del sector minero**

Hoja de control

Ambiental Consultores & Cía. Ltda. (ACON, miembro Grupo INERCO)

Versión: 001	Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha aprobación: 21 de octubre de 2015
	Ambiental Consultores y Cía. Ltda. 	Unidad de Planeación Minero – Energética - UPME	Rodrigo Jiliberto	
	Vo. Bo.:	Vo. Bo.:	Vo. Bo.:	

En la preparación de este documento Ambiental Consultores & Cía. Ltda. - Miembro Grupo INERCO y la UPME, utilizaron la información provista por consultores especializados, autoridades nacionales y regionales; así como de otras fuentes no gubernamentales. La UPME realizó la verificación de la información que su conocimiento y experiencia le permitió.

Este documento ha sido preparado por Ambiental Consultores & Cía. Ltda. - Miembro Grupo INERCO con un conocimiento razonable, el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con la UPME.

Anotaciones:

Equipo Técnico:

Rodrigo Jiliberto – Economista, Msc. Desarrollo Económico - Director de Proyecto
Helga Lahmann –Economista, Msc. Gestión Ambiental - Coordinadora del Proyecto

Jairo Herrera – Especialista en Minería

Alejandro Logreira – Especialista en Hidrología

Edwin Amaya – Especialista en Geotecnia

Andrea Cantillo – Profesional de Apoyo

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
PARTE I: LOS EVENTOS AMENAZANTES DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LA MINERÍA EN COLOMBIA.....	2
INTRODUCCIÓN PARTE I.....	2
1. EVENTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO	3
1.1 Proyecciones de cambio climático y variabilidad climática.....	4
1.1.1 Proyecciones globales	4
1.1.2 Proyecciones a escala nacional	6
1.2 Eventos amenazantes.....	7
2. SÍNTESIS DE LOS EVENTOS AMENAZANTES DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LA MINERÍA EN COLOMBIA.....	10
2.1 Olas de calor.....	11
2.2 Heladas	11
2.3 Vendavales.....	11
2.4 Inundaciones	11
2.5 Remoción en Masa y Erosión	12
2.6 Sequías o déficit de lluvias.....	13
2.7 Abatimiento de niveles freáticos	13
2.8 Elevación en el nivel medio del mar.....	13
2.9 Efectos en el Comportamiento Volumétrico del Suelo	13
3. EFECTOS CLIMÁTICOS SOBRE LA MINERÍA	16
3.1 Incremento de precipitaciones.....	17
3.1.1 Inundaciones.....	17
3.1.2 Remoción en masa y erosión.....	19
3.1.3 Efectos del comportamiento volumétrico del suelo	20
3.2 Disminución de las precipitaciones	21

3.3	Aumento de temperatura	22
4.	TIPOLOGÍA DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN la industria minera	24
4.1	Incremento en la accidentalidad y deterioro de la salud y la higiene laboral.....	24
4.2	Incremento de emisiones contaminantes (agua, atmósfera, suelo)	25
4.3	Rotura cadena suministro insumos materiales y energéticos	25
4.4	Daños a infraestructuras.....	25
4.5	Daño maquinarias.....	26
4.6	Bloqueo de las actividades productivas, transporte y comercialización	26
4.7	Afectación servicios públicos.....	27
4.8	Afectación a planificación productiva.....	27
4.9	Afectación a gobernabilidad	28
4.10	Efectos sociales.....	28
4.11	Efectos financieros	28
4.12	Otros efectos.....	29
5.	SÍNTESIS DE LOS EVENTOS AMENAZANTES DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LA MINERÍA EN COLOMBIA	32
	PARTE II: LAS AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LA MINERÍA EN COLOMBIA	34
	INTRODUCCIÓN A LA II PARTE.....	34
6.	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....	35
6.1	Conceptos básicos	35
6.1.1	Unidad de análisis	35
6.1.2	El área de análisis.....	35
6.1.3	La caracterización del sistema minero tipo	36
6.1.4	Identificación y caracterización de los eventos amenazantes.....	37
6.1.5	Identificación y caracterización de las amenazas directas	39
6.1.6	Identificación y caracterización de las amenazas indirectas	39
6.1.7	Identificación y caracterización de las amenazas de entorno	39
6.2	La valoración de las amenazas identificadas.....	40
6.3	Secuencia metodológica	42

7.	UNIDAD DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD: EL SISTEMA MINERO	43
7.1	Componente administrativo y financiero.....	43
7.2	Componente recursos humanos	43
7.3	Componente de la cadena de suministros	43
7.4	Componentes extractivos.....	43
7.5	Componente de almacenamiento temporal	47
7.6	Componente de transporte y comercialización.	47
7.7	Componente de beneficio y transformación.....	48
7.8	Componente de gestión ambiental	49
7.9	Entorno de las unidades de producción	50
8.	MATRICES DE APOYO A LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO DERIVADOS DEL CAMBIO Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA PARA LA MINERÍA EN COLOMBIA 51	
8.1	Descripción de la estructura del libro de Excel	51
8.1.1	Matriz caracterización de eventos y territorio	52
8.1.2	Matriz de identificación de amenazas directas	52
8.1.3	Matriz de análisis de amenazas indirectas	53
8.1.4	Matriz de valoración cualitativa de la posibilidad de la amenaza	54
8.1.5	Matriz de valoración cualitativa del potencial del daño esperado	54
8.1.6	Matriz de la valoración de la gravedad de la amenaza.....	55
8.1.7	Matriz de riesgos.....	56
8.1.8	Matriz valoración de riesgos.....	60
	PARTE III: LAS AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO AL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE CARBÓN DEL ÁREA DE UBATÉ; CASO PILOTO	62
	INTRODUCCIÓN PARTE III	62
9.	EL ÁREA DE ANÁLISIS.....	63
10.	CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES NATURALES, SOCIOECONÓMICAS Y DEL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE CARBÓN DEL ÁREA DE UBATÉ	64
10.1	Caracterización del sistema minero del área de Ubaté	64
10.1.1	Componente administrativo.....	65

10.1.2	Componente recurso humano	66
10.1.3	Componente de la cadena de suministros.....	66
10.1.4	Componente extractivo	67
10.1.5	Componente de almacenamiento temporal	67
10.1.6	Componente transporte y comercialización	67
10.1.7	Componente de beneficio y transformación	67
10.1.8	Entorno de las unidades de producción	68
10.1.9	Vulnerabilidad del sistema minero ante eventos climáticos	69
10.2	Caracterización Hidrológica y Climatológica del área de Ubaté	70
10.2.1	Precipitación.....	71
10.2.2	Temperatura.....	72
10.2.3	Humedad Relativa.....	72
10.2.4	Velocidad del Viento	72
10.2.5	Evaporación	73
10.2.6	Radiación Solar	73
10.2.7	Hidrografía	73
10.2.8	Estudio Nacional del Agua 2014	75
10.2.9	Comportamiento de durante eventos climatológicos extremos (condición El Niño – condición La Niña)	79
10.3	Caracterización geotécnica del área de Ubaté	81
10.3.1	Geología	81
10.3.2	Cobertura del suelo.....	82
10.3.3	Zonificación sísmica	83
10.3.4	Amenaza por remoción en masa	84
10.3.5	Erosión	86
10.4	Caracterización socioeconómica de la Provincia de Ubaté	87
10.4.1	Perfil Demográfico	87
10.4.2	Servicios Públicos y Sociales	89
10.4.3	Actividades Económicas.....	93

10.4.4	Mercado Laboral	96
10.4.5	Infraestructura Vial	96
11.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE LA MINERÍA DEL CARBÓN EN LA ZONA DE UBATÉ	98
11.1	Proyecciones de temperatura y precipitación para el área.....	98
11.1.1	Segunda comunicación	98
11.1.2	Tercera comunicación	100
11.1.3	Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá – Cundinamarca (PRICC)	102
11.2	Eventos amenazantes	104
11.2.1	Olas de Calor	105
11.2.2	Heladas	105
11.2.3	Vendavales.....	106
11.2.4	Aguaceros torrenciales	106
11.2.5	Avenidas Torrenciales (crecientes súbitas)	107
11.2.6	Inundaciones.....	107
11.2.7	Movimientos en Masa.....	108
11.2.8	Sequías o déficit de lluvias	110
11.2.9	Alteraciones (posible abatimiento) de niveles freáticos	110
11.3	Matriz de eventos amenazantes	111
11.4	Matriz de amenazas directas	113
11.4.1	Sub evento inundación	114
11.4.2	Sub evento remoción en masa y erosión	114
11.4.3	Sub evento comportamiento volumétrico del suelo.....	115
11.4.4	Sub evento elevación del nivel del mar	115
11.4.5	Sub evento olas de calor.....	115
11.4.6	Sub evento heladas	115
11.5	Matriz de amenazas indirectas	115
11.5.1	Componente administrativo y financiero	116

11.5.2	Componente recursos humanos.....	117
11.5.3	Componente cadena de suministro	117
11.5.4	Componente beneficio y transformación	117
11.5.5	Componente gestión ambiental	117
11.5.6	Componente entorno social, ambiental y de gobernabilidad.....	118
11.6	Matriz de valoración de las amenazas directas e indirectas	118
11.7	Visita al área de Ubaté	121
11.7.1	Visitas Técnicas.....	122
11.7.2	Reuniones de retroalimentación	130
11.7.3	Conclusiones de la visita.....	134
PARTE IV: LAS AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO AL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE ORO EN EL AREA DEL BAJO CAUCA; CASO PILOTO		135
INTRODUCCIÓN PARTE IV		135
12.	ÁREA DE ANÁLISIS: BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO	136
13.	CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES NATURALES, SOCIOECONÓMICAS Y DEL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE ORO EN EL ÁREA DEL BAJO CAUCA	137
13.1	Caracterización del sistema minero del área del Bajo Cauca	137
13.1.1	Componente administrativo.....	138
13.1.2	Componente recurso humano	139
13.1.3	Componente de la cadena de suministros.....	139
13.1.4	Componente extractivo	140
13.1.5	Componente de almacenamiento temporal	140
13.1.6	Componente transporte y comercialización	140
13.1.7	Componente de beneficio y transformación	140
13.1.8	Entorno de las unidades de producción	141
13.1.9	Vulnerabilidad Del Sistema Minero Ante Eventos Climáticos.....	142
13.2	Caracterización hidrológica y climatológica del Bajo Cauca	144
13.2.1	Estudio Nacional del Agua 2014	145
13.2.2	Comportamiento durante eventos climatológicos extremos (condición El Niño – condición La niña)	148

13.3	Caracterización de geotécnica del área del Bajo Cauca	150
13.3.1	Geología	151
13.3.2	Cobertura del suelo.....	153
13.3.3	Zonificación sísmica	153
13.3.4	Amenaza por remoción en masa	154
13.3.5	Erosión	155
13.4	Caracterización socioeconómica del Bajo Cauca	156
13.4.1	Perfil Demográfico	156
13.4.2	Servicios Públicos y Sociales	159
13.4.3	Actividades Económicas.....	163
13.4.4	Mercado Laboral	169
13.4.5	Infraestructura de transporte	170
14.	Análisis de vulnerabilidad de la minería del ORO EN el Bajo Cauca	170
14.1	Análisis de la información derivada de los escenarios de cambio climático	170
14.1.1	Segunda comunicación	171
14.1.2	Tercera comunicación	172
14.2	Principales Eventos estimados debido al Cambio Climático y la Variabilidad Climática 175	
14.2.1	Olas de Calor	177
14.2.2	Vendavales.....	177
14.2.3	Aguaceros torrenciales	178
14.2.4	Avenidas Torrenciales (crecientes súbitas)	178
14.2.5	Inundaciones.....	179
14.2.6	Movimientos en Masa.....	180
14.2.7	Sequías o déficit de lluvias	181
14.2.8	Alteraciones (posible abatimiento) de niveles freáticos	181
14.3	Matriz de eventos amenazantes	182
14.4	Matriz de amenazas directas	183
14.4.1	Sub evento de inundación.....	183

14.4.2	Sub evento de remoción en masa y erosión	184
14.4.3	Sub evento comportamiento volumétrico del suelo	184
14.4.4	Sub evento sequía	184
14.4.5	Sub evento de nivel freático.....	184
14.4.6	Sub evento olas de calor.....	185
14.5	Matriz de amenazas indirectas	185
14.5.1	Componente administrativo y financiero	185
14.5.2	Componente extractivo	186
14.5.3	Componente de beneficio y transformación	186
14.5.4	Componente transporte y comercialización	187
14.5.5	Componente de gestión ambiental.....	187
14.5.6	Componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad	187
14.6	Matriz de valoración de las amenazas directas e indirectas	187
14.7	Visita al Bajo Cauca Antioqueño.....	191
14.7.1	Visitas Técnicas.....	191
14.7.2	Reuniones de retroalimentación	199
14.7.3	Conclusiones Visita	209
PARTE V: LAS AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO AL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN EN EL ÁREA DE VILLAVICENCIO (META); CASO PILOTO.....		211
Introducción Parte V.....		211
15.	Area de análisis.....	212
16.	Caracterización de las condicionanes naturales, socioeconómicas y del sistema minero de explotación de materiales de construcción en el Área de Villavicencio (meta)	213
16.1	Caracterización del sistema minero de materiales de construcción en el área de Villavicencio (Meta).....	213
16.1.1	Componente administrativo.....	214
16.1.2	Componente del recurso humano	215
16.1.3	Componente de la cadena de suministros.....	215
16.1.4	Componente extractivo	215

16.1.5	Componente de almacenamiento temporal	216
16.1.6	Componente transporte y comercialización	216
16.1.7	Componente de beneficio y transformación	217
16.1.8	Entorno de las unidades de producción	217
16.1.9	Vulnerabilidad del sistema minero ante eventos climáticos	217
16.2	Caracterización hidrológica y climatológica del Meta (Villavicencio)	218
16.2.1	Precipitación.....	219
16.2.2	Temperatura.....	219
16.2.3	Humedad Relativa.....	220
16.2.4	Velocidad del Viento	220
16.2.5	Evaporación	220
16.2.6	Brillo solar.....	220
16.2.7	Hidrografía	220
16.2.8	Estudio Nacional del Agua 2014	221
16.2.9	Comportamiento de durante eventos climatológicos extremos (condición El Niño – condición La niña)	226
16.3	Caracterización geotécnica del área del Meta (Villavicencio).....	227
16.3.1	Geología	227
16.3.2	Cobertura del suelo.....	229
16.3.3	Zonificación sísmica	230
16.3.4	Amenaza por remoción en masa	231
16.3.5	Erosión	232
16.4	Caracterización Socioeconómica Del Meta (Villavicencio).....	232
16.4.1	Perfil Demográfico	232
16.4.2	Servicios Públicos y Sociales	235
16.4.3	Actividades Económicas.....	237
16.4.4	Mercado Laboral	242
16.4.5	Infraestructura Vial	242
17.	Análisis de vulnerabilidad de la minería de materiales de construcción en el area de	

META (Villavicencio).....	244
17.1 Proyecciones de temperatura y precipitación para el área	244
17.1.1 Segunda comunicación	244
17.1.2 Tercera comunicación	246
17.2 Principales Amenazas Estimadas Derivadas del Cambio y la Variabilidad Climática 248	
17.2.1 Olas de Calor	250
17.2.2 Vendavales.....	250
17.2.3 Aguaceros torrenciales	251
17.2.4 Avenidas Torrenciales (crecientes súbitas)	251
17.2.5 Inundaciones.....	252
17.2.6 Movimientos en Masa.....	253
17.2.7 Sequías o déficit de lluvias	254
17.2.8 Alteraciones (posible abatimiento) de niveles freáticos	255
17.3 Matriz Eventos	256
17.4 Matriz Amenazas Directas	257
17.4.1 Sub evento de inundación.....	257
17.4.2 Sub evento de remoción en masa y erosión	258
17.4.3 Sub evento comportamiento volumétrico del suelo.....	258
17.4.4 Sub evento sequía.....	258
17.4.5 Sub evento de nivel freático.....	259
17.4.6 Sub evento olas de calor.....	259
17.5 Matriz Amenazas Indirectas	259
17.5.1 Componente administrativo y financiero	260
17.5.2 Componente de recursos humanos	261
17.5.3 Componente cadena de suministro	261
17.5.4 Componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad	261
17.6 Matriz de valoración de las amenazas directas e indirectas	262
17.7 Visita al Meta	267

17.7.1	Visitas Técnicas.....	268
17.7.2	Reuniones de retroalimentación	274
17.7.3	Conclusiones Visita	286
	BIBLIOGRAFÍA	288

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2-1 Resumen Amenazas esperadas.....	15
Tabla 5-1 Resumen Eventos amenazantes relevantes para el análisis de la vulnerabilidad del sector minero al cambio y la variabilidad climática.....	32
Tabla 6-1 Escala para definir el potencial de daño de la amenaza.....	40
Tabla 6-2 Escala para definir la gravedad de la amenaza.....	42
Tabla 8-1 Matriz guía para el cálculo de la gravedad.....	55
Tabla 8-2 Calculo índice de vulnerabilidad.....	57
Tabla 8-3 Cálculo riesgo.....	58
Tabla 8-4 Matriz guía para valorar los riesgos.....	60
Tabla 10-1 Resumen erosión por municipio.....	86
Tabla 10-2 Perfil Demográfico Provincia de Ubaté.....	88
Tabla 10-3 Crecimiento Demográfico Provincia de Ubaté.....	89
Tabla 10-4 Servicios Públicos Provincia de Ubaté.....	90
Tabla 10-5 Servicios de Salud – Provincia de Ubaté.....	91
Tabla 10-6 Servicio de Educación – Provincia de Ubaté.....	92
Tabla 10-7 Principales Cultivos por Municipio.....	94
Tabla 13-1 Perfil Demográfico Bajo Cauca Antioqueño.....	157
Tabla 13-2 Crecimiento Demográfico.....	158
Tabla 13-3 Servicios Públicos.....	159
Tabla 13-4 Servicios de Salud.....	161
Tabla 13-5 Servicio de Educación.....	163
Tabla 13-6 Principales Cultivos por Municipio.....	166
Tabla 13-7 Inventario Pecuario Bajo Cauca.....	167
Tabla 16-1 Perfil Demográfico.....	233
Tabla 16-2 Crecimiento Demográfico.....	233
Tabla 16-3 Servicios Públicos.....	235
Tabla 16-4 Servicios de Salud.....	236

Tabla 16-5 Servicio de Educación	237
Tabla 16-6 Principales Cultivos por Municipio	239
Tabla 16-7 Número de minas en la zona Acacías, Castilla, Guamal y Villavicencio	241

LISTADO DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfico 10-1 Crecimiento Demográfico Provincia de Ubaté	89
Gráfico 13-1 Crecimiento Demográfico Bajo Cauca Antioqueño	158
Gráfico 16-1 Crecimiento demográfico	234

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 11-1 Mina Casablanca	126
Fotografía 11-2 Reservas de Madera para explotación minera	126
Fotografía 11-3 Segunda mina visitada.....	127
Fotografía 11-4 Proceso de vaciar el carbón extraído	128
Fotografía 11-5 Ingreso a la mina	129
Fotografía 11-6 Estructura de la mina.....	130
Fotografía 14-1 Bulldozer.....	192
Fotografía 14-2 Draga de succión (i)	192
Fotografía 14-3 Draga de succión (ii)	193
Fotografía 14-4 Draga de cucharas (i)	193
Fotografía 14-5 Draga de cucharas (ii)	194
Fotografía 14-6 Lavado	194
Fotografía 14-7 Descarte (i).....	195
Fotografía 14-8 Descarte (ii)	195
Fotografía 14-9 Actividad pecuaria en parcela recuperada	196
Fotografía 14-10 Dragas sobre el Río Nechí (i)	197
Fotografía 14-11 Dragas sobre el Río Nechí (ii)	197

Fotografía 14-12 Draga semi-hundida sobre el Río Nechí.....	198
Fotografía 14-13 Retroexcavadora trabajando en entrada a El Bagre (i)	198
Fotografía 14-14 Retroexcavadora trabajando en entrada a El Bagre (ii)	199
Fotografía 17-1 Extracción de Material Mintracol.....	268
Fotografía 17-2 Descargue de material a volqueta (Mintracol)	269
Fotografía 17-3 Acopio de material.....	269
Fotografía 17-4 Beneficio de material (i)	270
Fotografía 17-5 Beneficio de material (ii)	270
Fotografía 17-6 Extracción y transporte del material (Gravicon)	273
Fotografía 17-7 Acopio y beneficio (Gravicon).....	273

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-1 Proyección de la frecuencia de las inundaciones	9
Figura 4-1 Distritos Mineros.....	30
Figura 8-1 Calificación del sub evento amenazante.....	52
Figura 8-2 Matriz de identificación de amenazas directas.....	53
Figura 8-3 Ejemplo estructura matriz amenazas indirectas	54
Figura 8-4 Matriz de Calificación de la posibilidad de las Amenazas Identificadas	54
Figura 8-5 Matriz de Calificación del Potencial de Daño de las Amenazas Identificadas	55
Figura 8-6 Ejemplo estructura matriz gravedad	56
Figura 8-7 Índice de vulnerabilidad sistema Minero.....	56
Figura 8-8 Ejemplo tabla del índice de sensibilidad minero	57
Figura 8-9 Ejemplo tabla del índice de capacidad de adaptación del sistema minero.....	58
Figura 8-10 Ejemplo matriz de riesgos	59
Figura 8-11 Ejemplo hoja de listado de riesgos por componente	60
Figura 8-12 Ejemplo matriz de valoración de riesgos.....	61
Figura 9-1 Provincia de Ubaté	63
Figura 10-1 Área minera provincia de Ubaté.....	64

Figura 10-2 Ubicación y municipios Provincia Ubaté	71
Figura 10-3 Red Hídrica Provincia Ubaté (Cuenca río Suárez)	74
Figura 10-4 Índice de Aridez e Índice de retención y regulación hídrica	76
Figura 10-5 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año medio	77
Figura 10-6 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año seco.....	77
Figura 10-7 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año húmedo	78
Figura 10-8 Amenaza ante inundaciones para diferentes periodos de retorno	78
Figura 10-9 Inventario Inundaciones y Remoción en masa	79
Figura 10-10 Inventario Inundaciones y Remoción en masa	80
Figura 10-11 Geología del departamento de Cundinamarca. Se demarca el sitio de interés..	82
Figura 10-12 Cobertura del suelo	83
Figura 10-13 Zonificación Sísmica	84
Figura 10-14 Amenaza por remoción en masa	85
Figura 10-15 Erosión	87
Figura 11-1 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2011-2040 Vs 1971-2000	99
Figura 11-2 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2071-2100 Vs 1971-2000	100
Figura 11-3 Cambio Precipitación Cundinamarca, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100).....	101
Figura 11-4 Cambio Temperatura Cundinamarca, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100).....	101
Figura 11-5 Cambios en la precipitación	102
Figura 11-6 Cambios en la temperatura	103
Figura 11-7 Mapas susceptibilidad a Inundaciones, Remoción en masa e Incendios Forestales	103
Figura 11-8 Susceptibilidad a fenómenos de inundación área de estudio provincia de Ubaté	108
Figura 11-9 Susceptibilidad por remoción en masa y erosión área de estudio provincia de Ubaté.....	109
Figura 11-10 Inventario de eventos reportados	111

Figura 12-1 Bajo Cauca Antioqueño	136
Figura 13-1 Área minera Bajo Cauca	137
Figura 13-2 Índice de Aridez e Índice de retención y regulación hídrica	145
Figura 13-3 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año medio	146
Figura 13-4 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año seco.....	147
Figura 13-5 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año húmedo	147
Figura 13-6 Amenaza ante inundaciones para diferentes periodos de retorno	148
Figura 13-7 Inventario Inundaciones y Remoción en masa	149
Figura 13-8 Amenaza por Inundación.....	150
Figura 13-9 Geología municipios de interés del departamento de Antioquia	152
Figura 13-10 Cobertura del suelo	153
Figura 13-11 Zonificación Sísmica	154
Figura 13-12 Amenaza por remoción en masa	155
Figura 13-13 Erosión	156
Figura 13-14 Instituciones Educativas de Antioquia por Subregión	162
Figura 13-15 Participación de Principales Actividades Económicas al PIB departamental	164
Figura 13-16 Participación en el PIB Departamental de subregiones	165
Figura 13-17 Actividades Pecuarias en el Bajo Cauca	167
Figura 14-1 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2011-2040 Vs 1971-2000	171
Figura 14-2 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2071-2100 Vs 1971-2000	172
Figura 14-3 Cambio Precipitación Antioquia, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)	173
Figura 14-4 Cambio Temperatura Antioquia, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)	174
Figura 14-5 Cambio Precipitación Región Pacífico, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100).....	174
Figura 14-6 Cambio Precipitación Región Andina, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100).....	174

Figura 14-7 Susceptibilidad a fenómenos de inundación área de estudio bajo cauca.....	179
Figura 14-8 Susceptibilidad por remoción en masa y erosión área de estudio bajo cauca ...	180
Figura 14-9 Inventario de eventos reportados	182
Figura 15-1 Localización Zona de Estudio (Meta).....	212
Figura 16-1 Área minera piedemonte llanero	214
Figura 16-2 Índice de aridez e índice de retención y regulación hídrica	222
Figura 16-3 Escorrentía y Rendimiento hídrico condicones año medio	223
Figura 16-4 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año seco.....	224
Figura 16-5 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año húmedo	225
Figura 16-6 Amenaza ante inundaciones para diferentes periodos de retorno	226
Figura 16-7 Inventario Inundaciones y Remoción en masa	227
Figura 16-8 Geología municipios de interés departamento del Meta.....	229
Figura 16-9 Cobertura del suelo	230
Figura 16-10 Zonificación Sísmica	230
Figura 16-11 Amenaza por remoción en masa	231
Figura 16-12 Erosión.....	232
Figura 16-13 Participación de Principales Actividades Económicas al PIB departamental	238
Figura 17-1 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2011-2040 Vs 1971-2000	245
Figura 17-2 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2071-2100 Vs 1971-2000	246
Figura 17-3 Cambio Precipitación Cundinamarca y Meta, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100).....	247
Figura 17-4 Cambio Temperatura Cundinamarca y Meta, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100).....	248
Figura 17-5 Susceptibilidad a fenómenos de inundación área de estudio piedemonte llanero	253
Figura 17-6 Susceptibilidad por remoción en masa y erosión área de estudio piedemonte llanero	254
Figura 17-7 Inventario de eventos reportados.....	256

IMPLEMENTACIÓN DEL MAPA DE RUTA PARA LA ADAPTACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO AL CAMBIO CLIMÁTICO (INCLUYENDO EL USO DE LA HERRAMIENTA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS) E IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE VULNERABILIDAD DEL SECTOR MINERO Y DE LÍNEAS GRUESAS DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el Producto 9 “Documento de factores de vulnerabilidad y riesgo relacionados con la variabilidad climática y el cambio climático del sector minero”, que se desarrolla en el marco del Contrato No. C-311484-003-2015 suscrito entre la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y Ambiental Consultores y CIA Ltda. (ACON).

La primera parte tiene por objeto definir el conjunto de eventos originados por el cambio climático que pudieran constituir una amenaza para la minería en Colombia.

La segunda parte tiene por objeto definir un modelo que permita identificar las amenazas efectivas que esos eventos pueden generar a la minería, toda vez que una amenaza se puede considerar como el peligro que un evento puede implicar para una entidad, en este caso la actividad minera.

Las siguientes tres partes del documento dan cuenta de la aplicación de la metodología propuesta para identificar la vulnerabilidad del sector minero a los sub eventos posibles del cambio climático en Colombia en tres estudios de caso: la minería del carbón en la zona de Ubaté, la de materiales de construcción en el área de Villavicencio y la del oro en el Bajo Cauca Antioqueño.

Como resultado se han obtenido tres escenarios diferenciados de factores de vulnerabilidad para tres tipos de minería en el país y de paso se ha validado una metodología que permite ser aplicada de forma inmediata a diversas escalas territoriales, siendo quizás la más adecuada para efectos de la formulación de un plan nacional de adaptación del sector minero al cambio climático, la del distrito minero.

PARTE I: LOS EVENTOS AMENAZANTES DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LA MINERÍA EN COLOMBIA

INTRODUCCIÓN PARTE I

Esta primera parte tiene por objeto definir el conjunto de eventos originados por el cambio climático que pudieran llegar a amenazar la minería en el caso de Colombia.

Bien sabido es que el cambio y la variabilidad climática se sintetizan en tres fenómenos básicos, aumento o disminución de las precipitaciones, modificación de la temperatura, y lo que se denomina variabilidad climática, que cubre una amplia variedad de fenómenos climáticos asociados a una relativa inestabilidad en el comportamiento de sus variables claves. Estos eventos, que a efectos de este estudio se clasifican como primarios, dan lugar a otros eventos naturales, como son inundaciones, heladas, olas de calor, lluvias torrenciales, etc., que a efectos de este estudio se clasifican como sub eventos, y que son relevantes, pues son ellos los que generan las amenazas sobre las actividades, en este caso mineras.

Los eventos primarios derivados del cambio climático son de obligada consideración para identificar los factores de vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climática en el caso de la minería en Colombia, pues afectan a todo el planeta. No obstante, no todos los sub eventos que ellos generan afectan al país, o si esto ocurre, no necesariamente afectan la actividad minera.

Con este propósito se realiza una revisión de los eventos primarios asociados al cambio y la variabilidad climática; básicamente a partir de los informes del IPCC, los informes nacionales y la literatura disponible, con el ánimo de discernir, de acuerdo al conocimiento actual, cual es el perfil del comportamiento esperado del cambio y la variabilidad climática en Colombia, es decir, el de los eventos primarios, y a continuación el de los sub eventos posibles. Así, se establece un conjunto de sub eventos producidos por el cambio y la variabilidad climática relevantes para el análisis.

A continuación, a partir de una revisión del estado del arte a nivel internacional sobre los efectos del cambio y la variabilidad climática en la minería, se ha sistematizado el conocimiento disponible sobre la tipología de sub eventos del cambio y la variabilidad climática que afectan al sector y las primeras reacciones que ha tenido éste en materia de Adaptación.

De cruzar ambas informaciones, los sub eventos esperables derivados del cambio y la variabilidad climática en el país y de los tipos de sub eventos que afectan a la minería a nivel internacional, se ha definido el conjunto razonable de sub eventos derivados del cambio y la variabilidad climática que debieran focalizar el análisis de la vulnerabilidad sectorial al cambio y la variabilidad climática. Este es el resultado metodológico central de esta primera parte.

1. EVENTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, se establece la elaboración de un plan nacional de adaptación al cambio climático (PNACC), cuyo propósito será el de alistar a los diferentes sectores económicos del país ante las eventualidades del cambio climático (CC) y la variabilidad climática (VC). Dentro de las fases del PNACC, se encuentra la elaboración de la hoja de ruta para la formulación de los planes sectoriales y de adaptación que orientarán a los sectores y los territorios de la economía nacional que afrontarán un clima cambiante.

Una de las etapas a llevar a cabo está relacionada con la gestión de la información para la sostenibilidad en el escenario de CC, que tiene como intención recopilar conocimiento respecto a los impactos probables, positivos y negativos asociados al CC, y como resultado esperado la identificación y caracterización de los impactos potenciales derivados de la VC y sobre el sistema, en este caso el sistema minero.

Es importante lograr definir y diferenciar entre CC y VC, de acuerdo con el Artículo 4, numeral 6 de la Ley 1523 de 2012, se considera cambio climático a una “importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un periodo prolongado (normalmente decenios incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios en el forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras”.

La variabilidad climática hace referencia a las variaciones del estado medio y a otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, coeficiente de variación, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. Esta “variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropogénico (variabilidad externa)” (IDEAM, 2010, pág. 445).

Es evidente que el CC y la VC tienen tanto efectos sobre la productividad de un país como en el paisaje, con efectos de diferentes intensidades y duraciones y que deben ser analizados. Dentro de estos se cuentan: elevación del nivel del mar, inundaciones, cambios en los patrones estacionales, incremento en la intensidad de las tormentas, retroceso de los glaciares, erosión en suelos, cambio en arroyos y quebradas, disminución del nivel de los lagos, estrés y muerte de la vegetación por sequía, incremento en el riesgo de incendios forestales, daño de cosechas, entre otros.

1.1 Proyecciones de cambio climático y variabilidad climática

En reconocimiento al problema de CC, la Organización Meteorológica Mundial (WMO), y el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA) crearon en 1988 el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), cuyo objetivo es evaluar la información científica, técnica, económica y sociológica de los riesgos del CC inducido por causas antrópicas.

En 2014, dicho panel publicó su último reporte (AR5) con las investigaciones de sus tres grupos de trabajo sobre CC (IPCC, 2015), constituyéndose este como el más relevante para la caracterización del estado del arte actual en la materia, ya que compila de manera actualizada las investigaciones y evaluaciones hechas sobre CC con la literatura científica, técnica y socioeconómica más reciente.

Adicionalmente, el IDEAM presenta los Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011 - 2100 para las variables de precipitación y temperatura media (2015). Estos escenarios fueron generados para las regiones naturales de Colombia (Andina, Caribe, Pacífica, Amazonía y Orinoquía) y para cada uno de sus 32 departamentos. Los escenarios se basaron en la descripción de los caminos representativos de concentración de emisiones (RCP, por sus siglas en inglés) o forzamiento radiactivo, RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5.

1.1.1 Proyecciones globales

La información consignada en los reportes del IPCC (2015), incluye una consistente evaluación de las incertidumbres y riesgos asociados al CC, incluyendo aquellos relacionados a los recursos hidráulicos y sistema terrestre. En el capítulo titulado “Tema 2”, se realiza una descripción de los cambios en el clima futuro, en términos de sus riesgos e impactos. Igualmente, integra información sobre los aspectos que controlan el clima futuro, las relaciones entre las emisiones y los cambios de temperatura, y los cambios proyectados para el sistema climático durante el siglo XXI.

Dentro de esta nueva publicación del Panel, se destacan los avances en los modelos climatológicos empleados, señalando que la simulación de los patrones de lluvia a gran escala han mejorado desde el AR4, sin embargo, se indica “que los modelos continúan con un desempeño no tan bueno para precipitación como para temperatura de superficie” (IPCC, 2015)

De acuerdo con el reporte, existe una consistencia entre las proyecciones de los modelos climáticos revisados para los cambios en los patrones de gran escala en AR4 y AR5. Como se indicó anteriormente, sobre la magnitud de la incertidumbre, esta no ha cambiado significativamente, pero los nuevos experimentos y estudios han llevado a una caracterización más completa y rigurosa de la incertidumbre para las proyecciones de largo plazo.

En conclusión, se podría afirmar que con la recopilación de los nuevos estudios y experimentos que ha revisado el AR5 se ha logrado mejorar las proyecciones; sin embargo, a pesar de los avances en la comprensión de las incertidumbres no ha sido posible reducirla significativamente debido a la falta de entendimiento de algunos procesos físicos y las variaciones probabilísticas de algunos resultados, entre otros.

1.1.1.1 Cambios proyectados en el sistema climático

“La temperatura de la superficie de la tierra está proyectada para que aumente a lo largo del siglo XXI bajo todos los escenarios de emisiones evaluados. Es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y sean más prolongadas, y que los eventos de precipitaciones extremas sean más intensos y más frecuentes en muchas regiones. El océano continuará calentándose y acidificándose, su nivel medio continuará en aumento” (IPCC, 2015, pág. 58).

El CC a lo largo del siglo XXI proyecta una reducción del agua superficial renovable y de los recursos hídricos subterráneos en la mayoría de las regiones subtropicales secas (evidencia robusta y alto grado de acuerdo), con respecto a la intensificación de la competencia entre los diferentes sectores por el recurso hídrico existe poca evidencia y moderado grado de acuerdo (IPCC, 2015, pág. 69).

1.1.1.2 Cambios sobre la temperatura del aire

Dentro de los análisis efectuados sobre CC, todos coinciden en el calentamiento de la atmósfera y de un comportamiento futuro de similares características. Existe un escenario de mediana certeza que el aumento en el periodo 2016-2035 sea entre 0,3°C a 0,7°C comparado con período 1986-2005. Condición que se incrementa hacia finales del siglo con un aumento esperado entre 1,5°C hasta 2°C dependiendo del escenario analizado, estos valores son considerados de alta certeza (IPCC, 2015, pág. 60).

Igualmente, se consideran condiciones con muy alto grado de certeza, el calentamiento del Ártico, lo que disminuiría su área congelada y el consecuente aumento en el nivel del mar. Adicionalmente, se considera de muy alta certeza que el calentamiento medio terrestre será mayor que el calentamiento oceánico y mayor que el calentamiento medio global.

Se considera que es casi un hecho que será más frecuente la ocurrencia de temperaturas calientes y menos frecuentes las temperaturas frías extremas sobre la mayoría del área terrestre a escala diaria y temporal, a medida que la superficie se vaya calentando. Es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y mayores duraciones. Inviernos con temperaturas extremas seguirán ocurriendo (IPCC, 2015, pág. 60).

1.1.1.3 Cambios sobre el ciclo del agua

Dentro de los escenarios analizados por el IPCC, y especialmente en el más pesimista (escenario RCP 8.5), se espera que los cambios en la precipitación a escala mundial no sean uniformes, las regiones del pacífico ecuatorial junto con aquellas de latitudes media y altas probablemente experimentarán un incremento en la media anual de precipitación. En las regiones de mediana latitud y subtropicales con características medias la precipitación media anual probablemente disminuya.

Las precipitaciones extremas en la mayoría de las regiones de latitud media y regiones tropicales húmedas, sufrirán, con un alto grado de certeza, eventos de mayor intensidad y mayor frecuencia a medida que la temperatura de la superficie de la tierra vaya aumentando (IPCC, 2015, pág. 60) También se espera la intensificación de fenómenos macroclimáticos como el fenómeno de interacción entre el océano y la atmósfera conocido como El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) cuyas fases extremas son El Niño y La Niña.

1.1.1.4 Cambios sobre el nivel del mar

Con respecto al comportamiento de las zonas costeras, existe un muy alto grado de certeza que estas regiones continuarán experimentando un continuo incremento del efecto de sumergencia, inundaciones y erosión a lo largo del siglo XXI, debido al aumento en el nivel del mar (IPCC, 2015, pág. 60).

1.1.2 Proyecciones a escala nacional

De acuerdo a las observaciones hechas durante las últimas décadas, en promedio, la precipitación en Colombia ha venido disminuyendo, y de acuerdo a las proyecciones presentadas por el IPCC, las regiones tropicales continuarían con esta tendencia, sin embargo, debido a la complejidad climatológica y topográfica del país no es posible generalizar esta tendencia. En los Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011 – 2100 (IDEAM, 2015), se presentan proyecciones regionales e incluso departamentales, un resumen de los resultados se presenta a continuación:

Dentro del análisis de la precipitación anual, para el periodo 2011-2040, se esperan aumentos en la región andina entre el 10% – 40 % y disminuciones del orden del 10% – 40% en el norte del país, la Amazonía y la Orinoquía. Para el periodo 2041-2070 y 2071-2100 se espera un comportamiento similar al del periodo mencionado anteriormente. A escala estacional, las reducciones más fuertes de precipitación, se presentarían para la región Caribe en los trimestres

marzo-mayo y septiembre-noviembre. Los aumentos más significativos, se presentarían en la región andina entre los meses de junio y noviembre.

Con respecto a la temperatura máxima anual en Colombia, las proyecciones muestran alteraciones cercanas a 1°C, para el periodo 2011-2040. Para el periodo 2041-2070 se estima un ligero aumento (entre 1,2°C-2,4°C) y finalmente, para el periodo 2071-2100 un aumento entre 2°C y 4°C. Con respecto a esta variable, se esperan los mayores cambios en los departamentos de Arauca, Caldas, Cesar, Quindío y Santander, mientras que los menores cambios para los departamentos de Cauca, Magdalena, Putumayo y San Andrés y Providencia.

Para la temperatura mínima anual, se esperan ligeros incrementos cercanos al 0,7°C durante el periodo 2011-2040. Para el periodo 2041-2070, se esperan cambios entre 1°C y 2°C. Por último, para el periodo 2071-2100 se espera un cambio en esta variable entre 1°C y 3,5°C. Los mayores aumentos en este campo se espera se produzca en los departamentos de Arauca, Casanare, Guaviare y Vichada, y los menores en los departamentos de Atlántico, Cesar, Córdoba, Magdalena y San Andrés y Providencia.

1.2 Eventos amenazantes

Como se expuso anteriormente, las comunicaciones y escenarios presentados por el IPCC e IDEAM, hacen referencia a alteraciones en la precipitación y la temperatura a escala global o regional. Estas alteraciones desencadenan modificaciones en el ciclo hidrológico, que afectan diferencialmente a las regiones dependiendo de su localización geográfica principalmente.

Las modelaciones globales tienen todavía dificultades para representar adecuadamente las implicaciones en el ciclo hidrológico tanto a escala regional como a escala de cuenca. Así se expresa en los informes de IPCC indicando que “Los modelos climáticos no simulan con precisión el ciclo del agua a una resolución suficiente como para atribuirles impactos hidrológicos de origen antropogénico o de cambio climático a escala de cuenca” (IPCC Capítulo 3, Fresh Water, pg. 235).

Por lo tanto, hay que tener presente que las proyecciones y los escenarios planteados por cualquiera de las agencias o estudios especializados en el tema son limitados y sus resultados deben ser entendidos como asistencia a la toma de decisión en política pública o sectorial, más que como predicciones del futuro. La aplicación o interpretación de los escenarios a regiones o cuencas específicas deben ser resultados de estudios más detallados.

La evidencia presentada por los diferentes escenarios de cambio climático indican que los sistemas físicos y biológicos en todos los continentes y océanos fueron afectados por recientes cambios climáticos, particularmente la temperatura regional se ha incrementado (Rosenzweig, C. et al., 2007, pág. 81).

Dentro de los efectos del ciclo hidrológico se reportan los cambios en la nieve, hielo y suelo congelado (permafrost); de igual manera, se reportan cambios en el tamaño y número de lagos glaciares e incremento en la escorrentía de ríos alimentados por estos (Burkett, V.R. et al., 2014, pág. 183).

Desde la publicación del IPCC en 2007, se han producido dos reportes especiales presentados en 2012 y que luego fueron reforzados por los trabajos sobre el AR5 en 2014: el primero titulado “The Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation” (IPCC, 2010) y el segundo titulado “Special Report on Managing the Risks of Extreme events and disasters to advance Climate Change Adaptation” (IPCC, 2012) elaborados por los grupos de trabajo II y III, útiles para estimar los posibles fenómenos amenazantes para la minería.

En dichas publicaciones, los grupos de trabajo plantean las conexiones entre tres elementos básicos: detección del cambio climático o sus impactos, la atribución de aquellos impactos al incremento de los gases de efecto invernadero y la proyección de estos impactos en el siglo XXI. Finalmente, listan 34 fenómenos observados y atribuibles al cambio climático y sus proyecciones para el periodo 2050-2100, entre los que están el aumento en el nivel del mar, con un alto nivel de incidencia durante el siglo XXI, y el aumento de los días y noches calientes en la superficie terrestre, con alto grado de certeza que ocurra en el futuro (Burkett, V.R. et al., 2014, pág. 185).

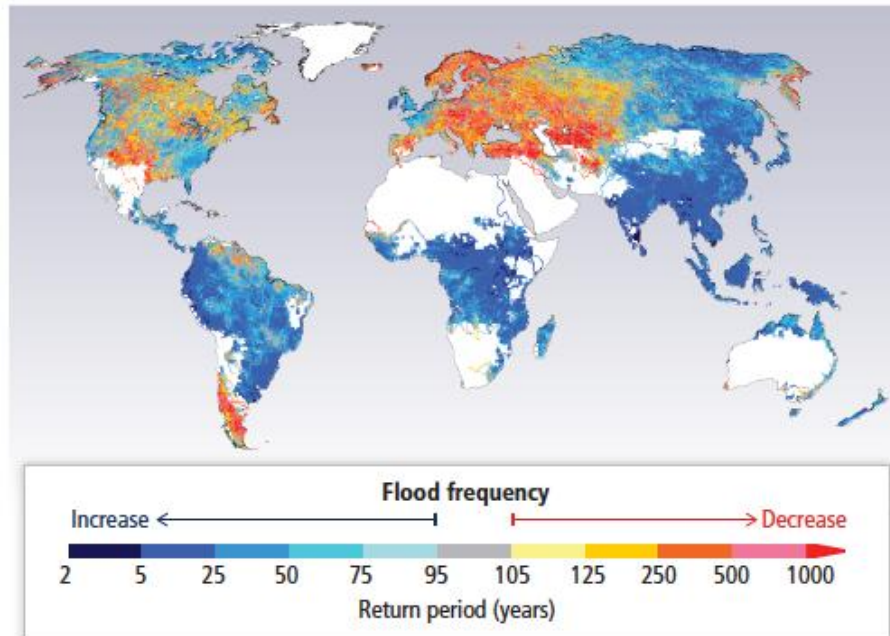
Asimismo, con alto grado de certeza de ocurrencia en el futuro se encuentran la reducción de los recursos hidráulicos y la inestabilidad de las montañas, entendida como aumento en la remoción en masa. Sin embargo, este último se encuentra clasificado como altamente probable, mientras la reducción en recursos hidráulicos se encuentra clasificada como no valorada, es decir, que no cuenta con una valoración concreta debido, en gran medida, a insuficiencia de datos o falta de acuerdos. Además, los eventos de alta precipitación son clasificados como de alta detección y de mediana certeza de reproducción a futuro, sin embargo, es de aclarar que estas proyecciones aumentarían en algunas regiones y disminuirían en otras, aunque son más la regiones que sufrirían aumento que descenso (Burkett, V.R. et al., 2014, pág. 186).

Con relación a las sequías e inundaciones, las proyecciones indican que son eventos que se presentarían con una valoración de mediana certeza, para ambos impactos la ocurrencia y frecuencia del evento varían de acuerdo a la región, para las sequías se estima que su ocurrencia aumentaría en la mayoría de las regiones, para las inundaciones se indica que no hay una tendencia clara o que variaría de manera importante a escala regional.

En la gráfica a continuación, tomada de Jiménez B.E. et al. (2014, pág. 248), se presentan las proyecciones de frecuencia de inundación a escala global, en la que se señala a Colombia como lugar sensible ante este tipo de fenómeno.

El incremento en la intensidad y la frecuencia de eventos hidrológicos extremos, como las inundaciones, han sido atribuidos al CC; sin embargo, para estimar una alteración de este tipo de fenómeno es necesario cuantificar las incertidumbres de la variabilidad del clima bajo varias condiciones (Jiménez B.E. et al., 2014, pág. 236).

Figura 1-1 Proyección de la frecuencia de las inundaciones



Fuente: Jiménez B.E. et al., 2014, pág. 248

Los impactos y las proyecciones observadas del cambio climático sobre los recursos hidráulicos y su manejo son consecuencias del incremento en la temperatura, el nivel del agua del océano y los cambios en la precipitación local. Para una atribución robusta del cambio climático todas estas variables del cambio hidrológico deben ser identificadas, con asignación de niveles de confianza.

2. SÍNTESIS DE LOS EVENTOS AMENAZANTES DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LA MINERÍA EN COLOMBIA

A partir de la revisión en los capítulos de los eventos derivados del cambio y la variabilidad climática se propone, inicialmente, un conjunto de sub eventos amenazantes para la minería en Colombia, Así, en este capítulo son descritos en cuanto a su contenido y en la próxima sección se realiza un análisis en su alcance para la minería.

Para contextualizar la descripción de este conjunto, se hace necesario definir un evento amenazante. Según el IDEAM (2010), un evento, relacionado con el CC o VC, se podría definir como la probabilidad de la ocurrencia de un fenómeno natural, bien sea para las personas, la producción, la infraestructura, los bienes o los servicios.

Dicho concepto se relaciona al sector de la minería a través de los fenómenos mencionados por el IPCC, y como resultado se definen los siguientes sub eventos: olas de calor o heladas, vendavales, aguaceros torrenciales, avenidas torrenciales (crecientes súbitas), inundaciones, movimientos en masa, sequías o déficit de lluvias, degradación de suelos y abatimiento de niveles freáticos. A continuación se describen dichos fenómenos:

Se trata de un conjunto de sub eventos que por ser probables en el país y significativos para la actividad minera se consideran que son en los que se debe focalizar el análisis. No obstante, se trata de una decisión operativa, que puede ser ampliada o reducida en cualquier análisis específico.

Ellos son:

1. olas de calor
2. heladas
3. vendavales
4. inundaciones
5. remoción en masa
6. sequías o déficit de lluvias
7. abatimiento de niveles freáticos
8. elevación en el nivel medio del mar
9. efectos en el comportamiento volumétrico del suelo

A continuación se describen estos fenómenos.

2.1 Olas de calor

De acuerdo a las modelaciones e informes sobre CC y VC, se estima un incremento general de los días cálidos, tanto en temperatura como en frecuencia, clasificando dicho fenómeno como prácticamente seguro que ocurrirá. Para Colombia, estas condiciones de variación en la temperatura se cuentan con las olas de calor, entendidas como un periodo cálido extendido superior a las condiciones normales climáticas del área¹, es pertinente aclarar que este tipo de fenómenos van acompañados de escenarios de alta humedad.

2.2 Heladas

Las heladas son un fenómeno climático que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele, depositándose en forma de hielo en las superficies. Fenómeno muy común en las zonas de altitudes cercanas a los 2500 m.s.n.m. o más. (Por ejemplo altiplano Cundiboyacense) en los meses de poca nubosidad, como diciembre y enero.

2.3 Vendavales

Cuando se presentan modificaciones en la temperatura y presión de los sistemas meteorológicos, es posible la presencia de vendavales, que se define como ráfagas de viento que afectan un área en particular con velocidades que oscilan entre 50 y 80 km/h en un intervalo corto de tiempo. De acuerdo a las proyecciones del IPCC, este tipo de fenómeno se clasifica como probable (66% - 100% de ocurrencia), sin embargo se señala que tiene baja o nula confianza que sea atribuible a la actividad humana.

2.4 Inundaciones

Como consecuencia de las lluvias torrenciales y las crecientes torrenciales se podrían presentar las inundaciones, las cuales se producen por el desbordamiento del cauce, debido a que su capacidad hidráulica se ha visto excedida por el volumen de agua generado por la lluvia.

De acuerdo al IPCC, este tipo de fenómeno varía regionalmente (como se indicó en el capítulo anterior, muestra a Colombia como un área sensible ante este tipo de fenómeno), o no presenta

¹ Definición tomada de <http://www.metoffice.gov.uk/>

una tendencia clara, por eso es clasificado con baja confianza de ocurrencia, sin embargo, de acuerdo a los eventos presentados durante los últimos años en Colombia en temporadas del ENSO en su fase “La Niña” se ha observado aumento en la magnitud de este fenómeno al igual que en su frecuencia.

Hay poca certeza, debido a las limitaciones de evidencia, de que el CC debido a la actividad antropogénica ha afectado la frecuencia y magnitud de las inundaciones a nivel global (Kundzewicz et al., 2013). La fortaleza de la evidencia es limitada debido principalmente a la falta de registros de larga duración de cuencas poco instrumentadas o poco manejadas. Lo que hace difícil detectar si los cambios son generados por efectos del clima o actividades humanas exclusivamente. Sin embargo, debido a las condiciones geográficas e hidroclimatológicas del país este fenómeno se consideraría de alta frecuencia.

2.5 Remoción en Masa y Erosión

Los movimientos en masa se potencian gracias a procesos geológicos, químicos, mecánicos y especialmente hidrometeorológicos, todos estos fenómenos se podrían combinar para actuar sobre las laderas y desestabilizarlas ocasionando caída de grandes cantidades de material. De no tener considerado este tipo de eventos, las consecuencias podrían ser graves tanto desde el punto de vista de bienes como de pérdidas humanas.

El IPCC, considera que este tipo de eventos se vería incrementado en términos generales con alto grado de ocurrencia, y debido a la influencia antropogénica como a eventos hidroclimatológicos desencadenados por efectos del Cambio Climático.

Como lo ha señalado el IPCC, el incremento de la pluviosidad y vientos es meramente regional, sin embargo, se espera un aumento generalizado en este tipo de fenómenos, lo que en conjunto incrementaría la degradación del suelo.

Las lluvias intensas son muy susceptibles a incrementar su intensidad y frecuencia durante el siglo XXI en muchas partes del mundo (Seneviratne et al., 2012), lo que puede generar un incremento en la erosión del suelo y consecuentemente en la producción de sedimentos de las cuencas. Para el final del siglo XXI, se espera que el impacto del cambio climático en la erosión del suelo sea el doble que el impacto del cambio de cobertura (Yang et al., 2003).

Un clima más cálido podría afectar la humedad del suelo, la cobertura, la producción de biomasa, podría alterar las precipitaciones de nieve a precipitaciones líquidas intensas, en regiones semiáridas podría incrementar los eventos de incendios forestales con subsecuentes precipitaciones que originan precipitaciones intensas erosivas. (NYMAN et al., 2011; Bussi et al., 2013). Los efectos del CC en la erosión del suelo y la carga sedimentológica frecuentemente son generadas por el manejo y actividades agrícolas (Walling, 2009)

2.6 Sequías o déficit de lluvias

De acuerdo con los escenarios planteados para el CC y VC, los eventos extremos van a ser más frecuentes y más intensos, dentro de estos eventos extremos se clasifican las sequías, que es la insuficiente disponibilidad de agua en una región por un periodo prolongado (Se podrían presentar sequías de tipo meteorológico o hidrológico). Dentro de la actividad minera, existen explotaciones que demandan gran cantidad de agua para su funcionamiento, tanto en la actividad de explotación como para el funcionamiento del resto de actividades adjuntas.

Al igual que los aguaceros torrenciales, el IPCC considera que se presenta un comportamiento mixto, pero con tendencia al incremento de la intensidad y magnitud en la mayoría de las regiones. Se tiene proyectado este fenómeno como probable (66% a 100% de probabilidad de ocurrencia).

2.7 Abatimiento de niveles freáticos

Al disminuir la precipitación en una cuenca, se altera el ciclo hidrológico de la misma, dentro de esos efectos se podría considerar la disminución del nivel freático del subsuelo, condición que podría ser considerada beneficiosa para la actividad minera, al ver disminuida la cantidad de bombeo requerida.

De acuerdo con el IPCC (IPCC Fresh Water Resources, 2014, p. 237), se indica que los cambios respecto al nivel del agua subterránea son difíciles de atribuir a variables diferentes a los cambios del uso del suelo, precipitación y abstracciones subterráneas (Stoll et al., 2011), sin embargo, es necesario tenerla en cuenta para las regiones proyectadas con disminución de precipitación y con intervenciones poco contraladas del subsuelo.

2.8 Elevación en el nivel medio del mar

Debido al calentamiento de la atmósfera, se espera que el nivel del mar se vea afectado por dos motivos, el primero corresponde al derretimiento del agua que se encuentra en estado sólido (principalmente en el ártico) y la segunda un incremento en el nivel debido a la expansión térmica del mar. Para Colombia, se han venido registrando los niveles del mar, tanto en el pacífico como en el atlántico para este último, se evidencia un ascenso entre 2,3 mm/año y 3,5 mm/año, mientras que en el Pacífico se observa un ascenso cercano a 2,2 mm/año.

2.9 Efectos en el Comportamiento Volumétrico del Suelo

Por lo general al referirse a suelos que cambian su volumen se refieren a suelos expansivos. Es de aclarar que el suelo no solamente aumenta de volumen cuando aumenta el contenido de agua, se puede presentar disminución de volumen o contracción si el agua se pierde, son

procesos inversos.

Una simple revisión del potencial expansivo, o del cambio de volumen, se puede realizar con el valor del Índice de plasticidad que es el resultado de realizar ensayos de laboratorio. Índices de plasticidad inferiores a 45 indican un bajo potencial, superiores a ese valor indican alto potencial de expansión. Estos valores por lo general se encuentran en materiales arcillosos, no necesariamente suelos. Rocas como la arcillolita poseen gran potencial de cambio volumétrico y esto se debe a que comparten el mismo contenido de minerales.

En la minería, como en las demás áreas de construcción, el factor de mayor importancia es la diferencia entre la humedad de campo en el momento de construcción y la humedad que se alcanzara en la vida útil por ejemplo de un túnel o galería. El dimensionamiento de las obras de estabilización, por ejemplo, para el túnel o galería se realiza en el momento de la construcción y al cambiar las condiciones de humedad del material (expansión) se puede incluso presentar el colapso de parte del túnel porque las obras no estaban diseñadas para soportar las cargas adicionales generadas por el aumento volumétrico del suelo. Para el caso de las arcillas otro factor a evaluar es el grado de preconsolidación del suelo.

Otro ejemplo del cambio volumétrico de suelo se da en la construcción por ejemplo de terraplenes (rellenos) donde el factor que definirá el cambio volumétrico del suelo es la compactación. Una compactación elevada favorece la expansión cuando aumenta el contenido de agua.

La predicción del comportamiento del suelo referente al cambio volumétrico presenta grandes incertidumbres y se requiere de un trabajo técnico que simule de la mejor manera posible el comportamiento de estos materiales en las condiciones reales de trabajo.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Tabla 2-1 Resumen Amenazas esperadas

Fenómeno	Cambio Esperado	Proyección
Ola de Calor	Incremento	Esperado con un 99 – 100% de certeza
Heladas	Disminución	Esperado con un 99 – 100% de certeza
Vendavales	Incremento	Esperado 60- 100% de certeza
Inundaciones	No hay clara tendencia	Baja certeza
Remoción en masa y erosión	Incremento	Alta Certeza
Sequía	Incremento/disminución	Esperado 60- 100% de certeza
Abatimiento Nivel Freático	Incremento/disminución	Baja certeza
Elevación nivel medio del mar	Incremento	Esperado con un 99 – 100% de certeza
Efectos en el Comportamiento Volumétrico del Suelo	No hay clara tendencia	Baja certeza

Fuente: IPCC (2014), adaptado por ACON, miembro del Grupo INERCO, 2015

3. EFECTOS CLIMÁTICOS SOBRE LA MINERÍA

Las implicaciones del cambio climático exceden los efectos directos del clima sobre la infraestructura y las operaciones, por lo que su análisis debe ser un componente integral en la planificación a largo plazo. Las empresas con liderazgo mundial en la industria extractiva han comenzado a considerar los riesgos climáticos en sus evaluaciones de gestión de riesgos corporativos que incluyen el cumplimiento de regulaciones potenciales, la percepción de los accionistas y los clientes y el control de gases de efecto invernadero.

La incertidumbre de las proyecciones futuras y la naturaleza de los cambios a largo plazo son argumentos de la mayoría de compañías mineras para posponer la inclusión del riesgo climático en sus procesos de toma de decisión, a pesar de la creciente presión ejercida por los accionistas, los reguladores y los consumidores. Adicionalmente, muchos técnicos no reconocen aún que, bajo las condiciones actuales, el pasado no necesariamente es el mejor predictor de clima futuro.

Este sector de la industria es uno de los más expuestas a los efectos físicos del cambio climático puesto que enfrenta decisiones importantes de inversión de capital a largo plazo en terrenos, infraestructura y equipos, todos sometidos de forma permanente a las condiciones climáticas. Aunque los riesgos no estén distribuidos geográficamente de manera uniforme siempre pesarán sobre las empresas mineras y su cadena de valor las amenazas asociadas a eventos extremos, tales como: lluvias torrenciales, inundaciones, sequías, incendios forestales, deslizamientos, daños en sistemas de transporte que afectan el suministro de insumos y la distribución de productos, entre otros.

A partir de la revisión de los diferentes fenómenos hidroclimatológicos asociados al cambio climático se exponen en este capítulo las amenazas y los impactos que tales eventos pueden representar sobre los componentes del sistema minero, a saber: 1) componente administrativo y financiero; 2) componente de recursos humanos; 3) componente de la cadena de suministros; 4) componente extractivo; 5) componente de almacenamiento temporal; 6) componente de transporte y comercialización y; 7) componente de beneficio y transformación.

Para este análisis se consideraron las particularidades de la minería colombiana que dieron lugar a una descripción sinóptica de las amenazas potenciales debidas al cambio climático y a la exacerbación de los fenómenos climáticos asociados a éste, en particular los relacionados con el fenómeno El Niño - Oscilación del Sur (ENOS)/La Niña.

La industria extractiva global ha verificado la intensificación de los efectos producidos por los fenómenos amenazantes asociados al riesgo climático como cierres de operaciones mineras, daños en las vías y los puertos por inundaciones, retrasos en las entregas asociados con la elevación del nivel del mar, afectación del recurso humano por oleadas de calor y afectación sobre la licencia social de operación por contingencias climáticas (Loechel, 2013).

El uso del agua es ubicuo en el proceso minero, desde las perforaciones hasta el procesamiento, el beneficio, la transformación y el control de material particulado, así que la reducción en la disponibilidad hídrica debido al cambio climático representa una de las principales amenazas que podría forzar al cierre temporal o permanente de las operaciones o impactar sobre las oportunidades de inversión relacionadas con una minería eficiente.

Con el objeto de validar la selección preliminar de sub eventos climáticos (olas de calor, vendavales, aguaceros torrenciales, avenidas torrenciales, inundaciones, movimientos en masa y erosión, sequías y abatimiento del nivel freático) y las variaciones climáticas proyectadas (incremento de precipitaciones, disminución de precipitaciones y aumento de temperatura) identificados en el sub capítulo anterior, como relevantes para el análisis de la vulnerabilidad de la minería al cambio y la variabilidad climática, se analizan los efectos que éstos tienen para la minería, confirmando que se trata de una selección adecuada de sub eventos relevantes a considerar en futuros análisis.

3.1 Incremento de precipitaciones

Para el IDEAM (2015, pág. 15) las áreas más afectadas por aumento de precipitación media anual entre 10% y 30% serán: Nariño, Cauca, Huila, Tolima, Eje Cafetero, Antioquia occidental, norte de Cundinamarca y centro de Boyacá. Estas regiones aportaron en 2014 el 14 % (7.9 toneladas) de la producción aurífera nacional y el 51% (3.5 millones de toneladas) del carbón de la región andina. La minería existente en estas regiones está expuesta a fenómenos por aumento de precipitaciones, tanto en zonas de montaña como en los extensos valles aluviales de la región Pacífica y las cuencas de los ríos Cauca y Magdalena.

Entre 2005 y 2014, la autoridad minera reportó un total de 749 accidentes en operaciones mineras nacionales, de estos 334 (44.6 %) correspondieron a eventos relacionados con fuertes precipitaciones: 265 derrumbes, 29 caídas, 21 deslizamientos y 19 inundaciones (ANM, 2015). Una revisión rápida a los datos suministrados por la ANM indican que el 52.7 % de estos accidentes asociados con precipitaciones ocurrieron bajo el fenómeno de La Niña, el 21 % en año del Niño y 26.3 % en año normal.

Algunos de los posibles efectos por incremento de precipitación sobre la infraestructura incluyen inestabilidad de taludes, desbordamiento de vertidos líquidos, deterioro de vías y tanques, entre otros. Las afectaciones más comunes estarán basadas esencialmente en los siguientes eventos:

3.1.1 Inundaciones

El IDEAM ha proyectado un incremento en la precipitación en los departamentos Chocó, Amazonas, Vaupés, Guainía y Vichada. De esta manera, se espera que Chocó continúe

superhúmedo, Amazonas húmedo y los Llanos Orientales semihúmedos.

Durante la llamada Ola Invernal 2010 - 2011 se presentaron serias afectaciones a la producción minera nacional, en especial para el carbón cuya meta de producción en 2010 no pudo cumplirse obligando a las compañías a aplazar las entregas internacionales para el 2011 y declarando fuerza mayor (Kimball, 2011) y, en particular, para las minas carboneras del Cesar donde Drummond reportó que dejó de extraer dos millones de toneladas de carbón (Arrieta, 2011) y (Corficolombiana, 2012). Por su parte, Prodeco S.A. debió construir un canal de derivación del río Maracas al arroyo Caimancito con el fin de trasvasar las aguas de la creciente que amenazaban con inundar la mina (ANLA, 2012) al tiempo que no pudo incrementar su producción con respecto a 2009 según el plan de expansión (Prodeco, 2011).

Durante este mismo período, la Secretaría de Minas y Energía del departamento de Norte de Santander reportó retrasos en las reparaciones de las vías terciarias para el carbón y suspensión en algunas operaciones mineras (Gobernación de Norte de Santander, 2011).

El ritmo de producción minera nacional se redujo durante 2010 debido a que la maquinaria de extracción debió trabajar de manera más lenta por el estado del tiempo. El menor valor bruto no producido debido al invierno de 2010 se estimó en 608 mil millones de pesos (CEPAL, 2012, pág. 181).

En el ámbito internacional, las inundaciones ocasionadas por el ciclón Yasi de 2011 cerraron el 85% de las minas de carbón en Queensland (Australia), con pérdidas por 2,5 mil millones de dólares y, dos años después, a finales de 2013 aún no había sido posible cumplir con los contratos de entrega de las minas de BHP Billiton, Río Tinto, Anglo American, Xstrata, Peabody Energy, Macarthur, Aquila Resources, Vale, Cockatoo y Wesfarmers que habían declarado fuerza mayor (Smith, 2013).

Tres sub-eventos asociados con las inundaciones resaltan para la industria minera:

- **Filtraciones.** El aumento de las lluvias incrementará los caudales de flujos superficiales y sub-superficiales. Bajo estas condiciones el bombeo requerido será mayor elevando la amenaza para la producción y exigiendo más a los sistemas de tratamiento de aguas vertidas y a las redes eléctricas locales. El incremento en las filtraciones sub-superficiales a través de los depósitos cuaternarios ubicados principalmente en los primeros metros del túnel y las zonas de fractura cortadas por los túneles podrán afectar los sistemas de fortificación amenazando la estabilidad de la operación.
- **Desbordamientos por crecientes súbitas y avenidas torrenciales.** Las áreas mineras aluviales están ubicadas en las llanuras de inundación de las cuencas que drenan áreas identificadas por IDEAM (2015) como zonas con posibilidad de aumento de precipitaciones. Las principales afectaciones relacionadas serán inundación de tajos mineros por

desbordamiento, inestabilidad de taludes de los tajos y elevación de niveles de los ríos inhabilitando las dragas de succión por distancia al lecho. En zonas con pendientes mayores, la torrencialidad de las corrientes representará amenazas de erosión sobre la infraestructura minera y de transporte.

- **Encharcamientos.** La falta de sistemas de avenamiento en las regiones con minería aluvial causará prolongados tiempos de residencia de las aguas de precipitación o desbordamientos. Esta condición tendrá mayor afectación en áreas mineras aluviales del litoral Pacífico.

3.1.2 Remoción en masa y erosión

Las temporadas invernales pasadas han mostrado la ocurrencia frecuente de múltiples fenómenos de remoción en masa y erosión afectando la infraestructura de transporte, el acceso de suministros a ciertas regiones, los servicios públicos y las operaciones mineras.

Es una condición generalizada en el país que con el incremento de lluvias se activen procesos erosivos que afectan el acceso a agua potable tanto en áreas rurales como urbanas y el cierre por largas temporadas de vías por las que se transportan productos mineros como aquellas de Bogotá - Honda (carbón y materiales de construcción) y Bogotá – Villavicencio (materiales de construcción), son algunos ejemplos de los efectos que tienen estos procesos sobre la industria minera nacional.

De acuerdo con las afectaciones se identificaron seis sub-eventos así:

- **Deslizamientos.** Las temporadas invernales anteriores han activado deslizamientos que causaron el cierre por largas temporadas de vías por las que se transportan productos mineros como aquellas de Bogotá - Honda (carbón y materiales de construcción) y Bogotá – Villavicencio (materiales de construcción).

El tren que comunica Bogotá con Belencito (Boyacá) por el que se movilizaba cemento hacia Bogotá cesó sus operaciones después de las afectaciones por deslizamientos entre los años 2010 y 2011.

- **Desprendimiento de rocas.** La humectación y la presión hidrostática asociadas a los períodos invernales facilitan el desprendimiento y la caída de rocas en los techos de los túneles, en los taludes de las minas a cielo abierto y en las vías de transporte.
- **Flujos de tierra, escombros o lodo.** Los aportes hídricos sobre áreas susceptibles de sufrir este tipo de procesos pueden llegar a afectar áreas extensas incluyendo trayectos de vías de comunicación. Aunque no corresponden con casos relacionados con áreas mineras, los flujos

recientes más representativos corresponden al barrio La Gabriela en el municipio de Bello (Antioquia) y al municipio de Gramalote (Norte de Santander), ambos ocurridos en 2010.

En igual sentido, el exceso hídrico puede llevar a que la roca dentro de los túneles fluya afectando la operación.

- **Hundimientos.** Dentro de estos procesos se incluye la subsidencia por sobrecarga hidrostática en zonas mineras como las registradas en Angelópolis y Amagá en Antioquia, donde la presión hidrostática sobre techos de minas poco técnicas abandonadas ha producido hundimientos en áreas urbanas (Escobar, M., Minas de bajo riesgo, 2004).
- **Carcavamiento.** La erosión concentrada es una gran fuente de sedimentos que al alcanzar las corrientes hídricas colmata los canales y contamina los acueductos. Aunque no existen estudios en Colombia sobre el impacto de este tipo de erosión sobre la minería, las pérdidas relacionadas en la producción de oro, plata y platino en Sudáfrica han sido documentadas (Naidoo, K. & Handley, M.F., Basic principles for stable gullies in the gold and platinum mines of South Africa, 2002).
- **Erosión superficial, subsuperficial y fluvial.** Estos procesos erosivos debilitan las laderas, incrementan la producción de sedimentos facilitando procesos de inundación y desbordamiento por pérdida en la capacidad de los canales fluviales obligando a su continuo dragado si desea utilizarse para el transporte.

3.1.3 Efectos del comportamiento volumétrico del suelo

El incremento en las filtraciones sub-superficiales a través de los depósitos cuaternarios ubicados principalmente en los primeros metros de las minas subterráneas y las zonas de fractura cortadas por los túneles podrán afectar los sistemas de fortificación amenazando la estabilidad de la operación.

- **Respuesta de arcillas expansivas.** Estos materiales generan condiciones altamente cambiantes en las superficies libres como levantamiento por hidratación y hundimiento por deshidratación causando deformaciones del terreno que pueden afectar la infraestructura o los sistemas de fortificación de las minas.
- **Pérdida de compactación del terreno.** El exceso de agua puede conducir al debilitamiento de los cimientos de las estructuras mineras o de transmisión eléctrica rural. Adicionalmente, los terraplenes construidos para proteger las vías pueden verse afectados restringiendo el acceso de suministros o la comercialización de productos mineros.

3.2 Disminución de las precipitaciones

En el mismo informe ofrecido por el IDEAM se indica que cerca del 27% del país podrá registrar reducciones entre 10% y 30% en la precipitación media anual, entre los que se encuentran los departamentos de Bolívar, Magdalena, Sucre y norte del Cesar, todos ellos de fuerte tradición minera aurífera, carbonera y de materiales de construcción.

- **Sequía.** Con base en los escenarios climáticos modelados por IDEAM (2015), se espera disminución en la precipitación media anual en dos sectores: el primero al norte conformado por los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico y Magdalena; y el segundo hacia el centro y sur compuesto por Nariño, Cauca, Huila, Tolima, Cundinamarca, Risaralda y Caldas.

Durante la fuerte sequía que afectó al departamento de La Guajira en 2014, la empresa Cerrejón reportó que ante la falta de agua requerida para reducir la contaminación, fue necesaria “la disminución de operación, bajar equipos y suspender algunos contratos” (Reales, 2014). Durante el segundo semestre del mismo año, esta compañía suministró mensualmente, por vía férrea y a 179 comunidades guajiras, cerca de un millón de litros (1000 m³) de agua proveniente de las plantas de tratamiento de La Mina y Puerto Bolívar (EFE, Cerrejón aportará \$ 2.000 millones más para dar agua a La Guajira, 2014). De acuerdo con las proyecciones del IDEAM, el departamento de La Guajira permanecerá desértico.

El déficit hídrico y la consecuente presión ejercida sobre este recurso han llevado a algunas compañías a implementar soluciones extremas como el complejo auro-cuprífero del valle de Cadia en Australia, propiedad de la compañía Newcrest, compuesto por dos minas subterráneas y una a cielo abierto, donde cada día se tratan 120 metros cúbicos de aguas residuales (Newcrest, 2014).

Otro ejemplo de respuesta a la escases hídrica es la planta desalinizadora de minera Escondida en Chile, propiedad de BHP Billiton, que con una capacidad de captación de agua marina de 1050 l/s produce 525 l/s de agua industrial que son conducidos a través de 170 km de tubería hasta la mina ubicada a una altura de 3200 metros sobre el nivel del mar (BHPbilliton, 2013).

- **Abatimiento del nivel freático.** La ocurrencia de este proceso y su origen en el cambio climático se ha reportado en diferentes áreas del mundo está quedando registrada en los grandes cuerpos de agua como el lago Superior en Estados Unidos (Huff, A. & Thomas, A., Lake Superior Climate Change Impacts and Adaptation, 2014), el lago Mead en Estados Unidos (NOAA, 2015), el lago Eppalock en Australia (Russell, J. & Long, K., A failed Lake Eppalock: a dire indicator for parched Murray Darling Basin, 2006), el lago Baikal en Siberia (Moore, M. et al., 2009) y el lago Qinghai en China (Zhang, G. et al., 2011).

- El impacto en áreas mineras de este fenómeno no ha sido estudiado en Colombia; sin embargo representa una amenaza fuerte a la industria extractiva que afectaría tanto sus actividades operativas como sus relaciones con las comunidades circundantes que suelen atribuir este tipo de eventos exclusivamente a las actividades mineras.

3.3 Aumento de temperatura

De acuerdo con las cifras ofrecidas por ANM (2015) sobre accidentalidad minera en Colombia, entre 2005 y 2014 ocurrieron 67 incendios de los cuales el 41.8 % tuvo lugar durante años Niño, el 37.3 % en año Niña y el 20.9 % en año normal.

Las proyecciones presentadas por el IDEAM indican aumentos en las temperaturas mínimas, medias y máximas en diferentes áreas mineras del país.

- **Sequía.** Actualmente las temperaturas de las zonas mineras del norte del país y del valle medio del Magdalena ya resultan altas, es así como en el primer semestre de 2014 el IDEAM alertaba sobre posibles incendios debido a las altas temperaturas que llegaron a alcanzar hasta 41 °C en las zonas mineras del departamento del Cesar y 39.5 °C en La Guajira, siendo uno de los máximos valores registrados en los últimos años.

Los escenarios de cierre de mina pueden verse afectados por el aumento de la temperatura media y la evapotranspiración en épocas de sequía dificultando, entre otros, los procesos de recuperación ambiental actuales y proyectados para el cierre de mina. La reducción de humedad de suelo podría incluso incidir en la química del suelo y sobre las especies utilizadas en la reforestación.

- **Elevación del nivel medio del mar.** Los más afectados serán los sistemas portuarios, aluviales y marítimos utilizados en el transporte de carbón de exportación. Los procesos erosivos asociados al incremento del nivel medio del mar podrá originar daños a la infraestructura de cargue directo del carbón de exportación.

La experiencia de los puertos carboneros en Queensland (Australia) indica que, además de los embates erosivos del oleaje, la elevación del nivel medio del mar conlleva mayor frecuencia de tormentas y ventiscas que atentan contra la infraestructura portuaria (King, P. & Dunstall, S., Comments on draft National Ports Strategy, 2010).

- **Inundaciones.** La falta de lubricación del suelo necesaria para la infiltración del agua precipitada es la fuente de muchas inundaciones asociadas a lluvias torrenciales al final de los periodos de sequía. Este tipo de inundaciones se ha presentado en las regiones de las cuencas bajas del Cauca y Magdalena, al igual que en la cuenca del río Cesar.
- **Olas de calor.** Por más de cien años la industria minera global ha reconocido los daños vinculados con el estrés por calor dado que reduce la productividad, aumenta las decisiones

erróneas y produce más accidentes. Cuando la temperatura y la humedad ambiental superan un umbral, la temperatura corporal comienza a elevarse rápidamente hasta niveles peligrosos. En general, se prevé que el cambio climático aumente la probabilidad de ocurrencia de más días al año con temperaturas extremas y, en consecuencia, mayor duración en las olas de calor.

En las regiones de Bajo Cauca, Magdalena Medio, Cesar y La Guajira, donde se produce un porcentaje alto de la minería, es posible que se incremente el número de días con más de 35 °C que es el límite inferior de las oleadas de calor considerado en países como Australia y Canadá (Smith, 2013).

- **Vendavales.** La ocurrencia de este tipo de tormentas con vientos que pueden superar los 60 km/h es común en las regiones donde se espera reducción de la precipitación. El aumento de temperaturas en las regiones bajas de las cuencas del Magdalena y el Cauca podrán incrementar la producción de estos fenómenos.

4. TIPOLOGÍA DE IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA INDUSTRIA MINERA

Los impactos, entendidos como las consecuencias de los fenómenos amenazantes, no ocurren de forma individual ni responden a relaciones unidireccionales, por regla general suelen presentarse como una cascada de efectos negativos que altera el desarrollo de diferentes sectores, tales como incremento en el consumo energético para el bombeo de pozos inundados o el tratamiento de las fuentes hídricas receptoras del agua drenada.

El cierre de las vías de acceso por efecto de un fenómeno de remoción en masa puede conllevar interrupción en la cadena de suministros y comercialización (despachos), costos adicionales por reparación y aumento en el estrés del personal, entre otros.

Los efectos producidos por eventos extremos no siempre son fáciles de determinar y con el tiempo puede interactuar entre sí originando eventos complejos de segundo orden con mayor grado de dificultad en anticipación y gestión, en especial en ausencia de experiencia, previsión y conocimiento del contexto local. Un ejemplo de estos impactos secundarios puede ser la afectación al personal de las minas y sus entornos por vectores alóctonos debido al incremento en la temperatura.

La adaptación de algunos de estos efectos requiere la integración de la industria con las comunidades circundantes y, en consecuencia, representan oportunidades para mejorar el aporte de la minería al desarrollo sostenible local y regional (Sharma, V. et al., 2013b, pág. 55). Como ejemplo puede citarse la construcción de obras de almacenamiento de agua potable o el adecuado control de inundaciones.

Como base de análisis de los principales impactos asociados al cambio climático sobre el negocio minero se propone la siguiente lista compendiada que agrupa en 11 categorías los impactos más relevantes esperados ante variaciones climáticas.

4.1 Incremento en la accidentalidad y deterioro de la salud y la higiene laboral

Se han identificado siete efectos principales del cambio climático sobre la salud y la higiene laboral en las operaciones mineras así:

- Accidentes de transporte por ausencia de protocolos de seguridad.
- Accidentes asociados a fallos en la ventilación o el bombeo de agua de mina.
- Aumento contaminación microbiana de las fuentes hídricas y afectación por modificación de los límites geográficos y la estacionalidad de las enfermedades infectocontagiosas.
- Aumento del estrés térmico en los empleados.

- Reacciones erráticas y desordenadas de atención a personal afectado que incrementan los efectos del impacto.
- Personal atrapado por colapsos en las rutas de evacuación.
- Efectos sobre el almacenamiento de alimentos y agua potable.

4.2 Incremento de emisiones contaminantes (agua, atmósfera, suelo)

Las condiciones climáticas proyectadas permiten suponer cinco afectaciones importantes asociadas con la emisión de contaminantes:

- Afectación de los servicios públicos (agua, energía, gas y alcantarillado).
- Aumento de emisiones de material particulado a la atmósfera.
- Aumento de emisión de gases por combustión espontánea de las pilas de carbón.
- Erosión de las pilas de almacenamiento.
- Percolación de drenajes ácidos por humectación del suelo.
- Rompimiento de tanques de sedimentación y almacenamiento de colas causando vertimientos contaminados a las fuentes naturales.

4.3 Rotura cadena suministro insumos materiales y energéticos

El acceso a suministros básicos y específicos para la operación normal de las actividades mineras se considera un punto fundamental en el correcto funcionamiento del negocio minero y, en consecuencia, se verificaron cinco efectos a considerar.

- Averías en la cadena de suministro.
- Competencia por servicios de transporte con otras industrias demandantes.
- Daños en servicios de infraestructura como vías, puertos, ferrocarriles y electricidad entre otros.
- Derrumbes y caída de rocas y árboles causando taponamientos.
- Pérdida de la capacidad de abastecimiento temporal o permanente.

4.4 Daños a infraestructuras

La logística asociada a las operaciones mineras ha mostrado ser uno de los elementos más susceptibles a los cambios climáticos dando lugar a siete elementos a verificar.

- Afectación a la integridad de la infraestructura carretera, ferroviaria, aeroportuaria y portuaria.
- Alto costo de transporte ineficiente a través de vías terciarias en mal estado.
- Aumento de costos logísticos y de transporte por uso de rutas alternativas más extensas y lentas.
- Mayor frecuencia en incendios forestales.
- Parque automotor insuficiente para nuevas condiciones de transporte.
- Reducción de calado para transporte fluvial.
- Sujeción a disponibilidad de equipos y maquinaria pública para apertura de vías y otras soluciones.

4.5 Daño maquinarias

Las afectaciones a la maquinaria vinculadas con cambios de temperatura y precipitación a considerar son:

- Daño en infraestructuras y equipos (hundimientos, fracturamiento, etc.).
- Daño físico o degradación acelerada de activos por corrosión, abrasión, inundación o derrumbe. (plataformas, minas, presas, agua, energía, ferrocarril, carreteras, extracción, almacenamiento, instalaciones y alojamiento).

4.6 Bloqueo de las actividades productivas, transporte y comercialización

Se han identificado ocho elementos asociadas al cambio climático que darían lugar al cierre parcial o total de las operaciones mineras:

- Accidentes de transporte por ausencia de protocolos de seguridad.
- Cierre parcial o definitivo de las operaciones mineras por falta de fluido eléctrico para sistemas de ventilación y bombeo.
- Cierre temporal de operación por pérdida de calado de las dragas o por incremento en la profundidad del canal superando la capacidad de arranque y bombeo.
- Congestión en el almacenamiento temporal, en los nodos de transporte o en los puertos.
- Deslizamientos, hundimientos y debilitamiento de las fundaciones y las estructuras por cambios en la humedad del suelo.
- Derrumbes y falla de los taludes de la mina por presiones hidrostática e hidrodinámica.

- Inundación por incremento de filtraciones y corrientes de agua a través de los contactos litológicos con contrastes hidráulicos.
- Reducción en la producción por falta de líquido en los procesos de gran dependencia hídrica.

4.7 Afectación servicios públicos

El suministro de servicios públicos resulta de gran susceptibilidad ante modificaciones climáticas.

- Contaminación de acueductos por exceso de transporte de sedimentos.
- Interrupciones en el fluido eléctrico.
- Incertidumbres en la oferta, el suministro y la gestión hídrica.
- Incremento en el consumo de energía eléctrica.

4.8 Afectación a planificación productiva

Los cambios climáticos han mostrado que pueden exceder la planificación de las operaciones originando nuevas condiciones que deberán ser atendidas en el proceso mismo de ejecución de la mina.

- Cambios en el plan del cierre de operaciones por afectación de ecosistemas.
- Baja recuperación de reservas probadas.
- Déficit de agua para procesos de lavado, lixiviación, molienda húmeda, homogenización húmeda, clasificación en fluido, concentración gravimétrica, flotación e hidrometalurgia.
- Degradación física y química del material minero.
- Demora en despachos por reparación de equipos y maquinaria o por dependencia de un solo tipo de transporte.
- Formación de flujos subsuperficiales erosivos que debilitan la infraestructura.
- Inundación de patios de acopio por falla de drenaje y filtros.
- Mayor presión de los reguladores ambientales.
- Mayores exigencias en rehabilitación y revegetación por nuevas condiciones.
- Reducción en la calidad de agua suministrada por corrientes naturales.

4.9 Afectación a gobernabilidad

Se han identificado cuatro elementos asociados a modificaciones climáticas que podrían afectar la gobernabilidad.

- Expectativas de gobiernos y comunidades sobre la participación de la industria para afrontar los riesgos climáticos, en especial la conservación del agua.
- Impactos del cambio climático a la comunidad, la infraestructura e interrupciones del tráfico.
- Incremento de conflictos por agua con otros usuarios regionales o locales.
- Modificaciones a las normas de diseño de infraestructura.
- Disminución de los ingresos debido a la menor recepción de regalías afectando la inversión en infraestructura pública.

4.10 Efectos sociales

Las relaciones con la comunidad podrían verse afectadas por las siguientes condiciones.

- Conflictos con la comunidad por vertimientos contaminados a fuentes hídricas.
- Daño en las vías durante períodos invernales.
- Conflictos con la comunidad y las autoridades por impactos ambientales.
- Contaminación del agua potable por mezcla con aguas de escorrentía de mina o de vertimientos líquidos.
- Incremento en la demanda por servicios de emergencia.
- Mayor interés de las empresas mineras de trabajar con la comunidad.
- Pérdida potencial de empleo por a la falta de acceso seguro a sitios.

4.11 Efectos financieros

Aunque se considera que todos los impactos terminarán afectando financieramente a la operación, los efectos más relevantes serán:

- Costos de reparación de impactos ambientales asociados.
- Afectación a la reputación por fallas en la calidad y la integridad del despacho.
- Aumento de costos de mano de obra y reducción en disponibilidad de equipos.
- Aumento de costos de mantenimiento y reparación de vías y vehículos.

- Aumento en costos de operación, mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo de transporte.

4.12 Otros efectos

El cambio climático puede impactar a las compañías extractivas según su ubicación geográfica y los efectos climáticos en las áreas de consumo de sus productos.

Efectos por ubicación geográfica del distrito minero. El Glosario Técnico Minero, adoptado por el Decreto número 2191 de 2003 en vigencia, define distrito minero como “Porción o área de terreno de un país, generalmente, designada con un nombre; cuyos límites han sido descritos y dentro de la cual existen minerales que son extraídos siguiendo las reglas y regulaciones establecidas por los mineros locales. Para la definición de un distrito minero, no existe límite de su extensión territorial y sus linderos se pueden cambiar siempre y cuando, no se interfieran otros derechos”.

Con base en esta definición los últimos cuatro planes nacionales de desarrollo minero (UPME, 2006; UPME, 2007; UPME, 2012; UPME, 2014) han resaltado la importancia de los distritos mineros como “subregiones en las cuales la actividad minera es económica o socialmente significativa y en mayor o menor grado constituye un soporte de las estructuras socioeconómicas locales, regionales y en varios casos nacionales. Cada distrito posee características específicas relacionadas con el segmento o segmentos de productores presentes, con el destino y volumen de su producción minera, y con el perfil de las potencialidades minera y ambiental de su territorio” (UPME, 2007, pág. 54). Dentro de los 34 distritos mineros se encuentran incluidas las áreas que aportan cerca del 100 % de la producción minera nacional.

Figura 4-1 Distritos Mineros

DEPARTAMENTO	DISTRITO MINERO	PRODUCTO MINERO	DEPARTAMENTO	DISTRITO MINERO	PRODUCTO MINERO
Antioquia	Amagá	Carbón y arcilla	Cauca	Litoral Pacífico	Oro
Antioquia	Frontino	Oro	Cauca	Mercaderes	Oro y arcilla
Antioquia	Nordeste antioqueño	Oro	Cesar	La Jagua	Carbón y arcilla
Antioquia	Oriente antioqueño	Caolín y oro	Chocó	Istmina	Oro
Antioquia	Puerto Nare	Caliza y oro	Huila	Teruel - Aipe	Oro y caliza
Atlántico	Calamarí - Atlántico	Caliza	La Guajira	Albania	Carbón
Bolívar	Calamarí - Bolívar	Arena y caliza	Meta	Villavicencio	Materiales de construcción
Bolívar	Mojana bolivarense	Oro	Nariño	Costa Pacífica Sur	Oro
Bolívar	San Martín de Loba	Oro	Nariño	La Llanada	Oro, arena y manganeso
Boyacá	Chivor	Esmeralda y hierro	Norte de Stder.	Cúcuta - Pamplona	Carbón, arcilla y caliza
Boyacá	Muzo	Esmeralda	Putumayo	Putumayo	Oro, arcilla, arena y caliza
Boyacá	Norte - Boyacá	Carbón	Santander	Los Santos	Yeso
Boyacá	Sugamuxi	Carbón, caliza y mat. de const.	Santander	Vetas	Oro
C/marca	La Sabana - Cundinamarca	Arcilla y mat. de const	Sucre	Calamarí - Sucre	Caliza y arenas
C/marca y Boyacá	Zipaquirá - Samacá	Carbón	Tolima	Ataco - Payandé	Oro, arena, arcilla y caliza
Caldas y Risaralda	Marmato	Oro	Tolima	Bermellón	Oro
Cauca	El Tambo - Buenos Aires	Oro y carbón	Valle del Cauca	Cali - El Dovio	Carbón, caliza y basalto

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, 2009.

Cada uno de estos distritos mineros presenta sus propias características topográficas, litológicas, hidroclimatológicas, mineras y logísticas, que permiten considerar los diferentes efectos debidos a eventos climáticos amenazantes.

- **Características topográficas.** Gradiente de la pendiente (determina la energía potencial del flujo superficial), índice de humedad topográfica de ladera (separa áreas entre flujo difuso y flujo concentrado), entre otras.
- **Características hidroclimatológicas.** Precipitación, temperatura y humedad histórica y frente a escenarios
- **Características litológicas.** El tipo de roca permite deducir posibles efectos como capacidad de infiltración (encharcamiento, capacidad portante del suelo, etc.), a la remoción en masa y la erosión.
- **Características mineras.** Tipo de componentes del sistema minero más recurrente en el distrito
- **Características logísticas.** Infraestructura en general (transporte, servicios públicos, mano de obra, etc.).

Efectos generados por el cambio climático fuera de Colombia. La demanda del carbón, principal producto de exportación minera en el país, está influida por:

Las reducciones en la oferta mundial de carbón debida a disminución en la capacidad exportadora de los seis principales países exportadores (Indonesia, Australia, Rusia, Estados

Unidos, Sudáfrica, Colombia y Canadá) serán rápidamente compensadas por otro de ellos:

- En Australia por fenómenos climáticos como las grandes inundaciones ocurridas entre 2010 y 2011 que causaron una caída en más del 30% de la producción carbonera en Queensland y, a partir de esto, el incremento en los precios internacionales (Sharples, 2011);
- En 2004 el tráfico en los puertos australianos causado por el retraso por eventos climáticos extremos en las adecuaciones para carga de carbón provocó un aumento en los precios y desplazó a los compradores internacionales hacia los otros países (Macdonald-Smith, 2004);
- Las suspensiones en el fluido eléctrico y el descarrilamiento del tren carbonero que abastece el puerto de Richards Bay en Sudáfrica han causado retrasos en los despachos durante períodos invernales (SANEDI, 2013);
- La interrupción en las operaciones del puerto de Drummond en Colombia en 2013, aunque no se debió a efectos climáticos, representó un estímulo de corto plazo para las exportaciones sudafricanas (Mathews, 2014).

La dependencia del carbón en la industria energética de la Unión Europea descendió de 90% en la década del cincuenta hasta 17% en la década del 2000, esto debido a la sustitución por gas natural considerado menos contaminante (UPME & CRU Strategies, 2007). Adicionalmente, el calentamiento oceánico está causando la expansión del cinturón tropical desplazando hacia el norte las tormentas tropicales, los huracanes y los tifones, por lo que se espera mayor consumo energético en los países septentrionales asiáticos, europeos y americanos (Oskin, 2014).

El desplazamiento hacia el norte de los fenómenos extremos impactará también en la producción minera de los países destino de estos eventos climáticos y, en consecuencia, aquellos países ubicados en las áreas tropicales expandidas, con menor efecto se verán beneficiadas productiva y comercialmente.

Los países asiáticos continuarán consumiendo carbón hasta que exista una fuente más limpia económicamente accesible que lo sustituya en los sistemas de calefacción durante los inviernos. En ese sentido se pronunció Rajendra Pachauri, premio Nobel de la Paz en 2007 y director del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) entre 2002 y 2015, cuando en su discurso frente a los miembros de la XXXI sesión del IPCC en Bali indicó sobre India: "¿Pueden imaginar 400 millones de personas sin energía eléctrica en sus hogares?, no es posible, en una democracia, ignorar las realidades [...] no existe otra opción que usar carbón en el corto plazo" (Sharma B. , 2009).

5. SÍNTESIS DE LOS EVENTOS AMENAZANTES DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LA MINERÍA EN COLOMBIA

Como podrá comprobar en los capítulos siguientes, las amenazas al sector minero derivadas de los sub eventos climáticas son múltiples y de diversa naturaleza y afectan a distintos componentes de la actividad. Tampoco se puede constatar que haya uno u otro que prime sobre el resto, se trata de impactos distribuidos a lo largo de toda la actividad. Esto no deja de ser importante pues la identificación de amenazas no puede sino ser el resultado de estudios caso a caso a la escala que se considere adecuada. En este estudio como se ha propuesto metodológicamente y, según lo expuesto en el Plan Nacional de Ordenamiento Minero -PNOM (UPME, 2014, pág. 50) se considera que la escala adecuada es la de sistema minero para un área minera determinada.

El punto de partida de esa identificación de la vulnerabilidad del sector, entonces, es identificar la posibilidad de que determinados sub eventos producidos por el cambio y la variabilidad climática se den en el área en cuestión. Metodológicamente entonces, lo que se ha hecho hasta acá es identificar los sub eventos que en el caso de Colombia debieran ser tomados como punto de partida del análisis., porque son relevantes desde la perspectiva nacional así como sectorial. En síntesis ellos son:

Tabla 5-1 Resumen Eventos amenazantes relevantes para el análisis de la vulnerabilidad del sector minero al cambio y la variabilidad climática

Evento	Sub Evento
<i>Incrementos de precipitaciones</i>	1-Inundaciones
	2- Remoción en Masa y Erosión
	3-Efectos en el Comportamiento Volumétrico del Suelo
<i>Disminución de precipitaciones</i>	4-Sequía
	5-Abatimiento del Nivel Freático
<i>Aumento de temperatura</i>	Sequía
	6-Elevación del Nivel del Mar
<i>Variabilidad climática</i>	Inundaciones

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Evento	Sub Evento
	7-Olas Calor
	8-Heladas
	9-Vendavales

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

En la anterior tabla, se muestran los 9 subeventos explicados en el capítulo 2, divididos según el evento climático que los ocasiona. Por esta razón se encuentran algunos subeventos repetidos, ya que por ejemplo las inundaciones pueden ser causadas por el aumento de la precipitación debido al cambio climático o por una avenida torrencial causada por la variabilidad climática.

PARTE II: LAS AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LA MINERÍA EN COLOMBIA

INTRODUCCIÓN A LA II PARTE

El propósito de esta segunda parte es sentar las bases operativas para la identificación de factores de vulnerabilidad en tres tipologías de explotación minera. Se entiende que las amenazas identificadas genéricamente en los capítulos anteriores pueden variar mucho entre diferentes tipos de minería (oro y carbón por ejemplo), así como de operación a operación en un mismo tipo de minería (carbón por ejemplo).

Sin embargo, ya que el objetivo del presente análisis es el futuro desarrollo de un plan de adaptación sectorial, se propone que para el análisis de vulnerabilidad de la minería al cambio y la variabilidad climática se identifiquen esas amenazas una a una, no operación por operación, sino para un sistema minero como se explica más adelante².

En un primer capítulo, entonces, se explica brevemente la metodología adoptada, y explicada en detalle en un documento anterior de esta consultoría. En un segundo capítulo se describe con detalle un aspecto relevante de esa metodología, a saber, la unidad de análisis de la evaluación de vulnerabilidad, el sistema minero.

Finalmente en un último capítulo se explican aspectos operativos de detalle de aplicación de la metodología sobre la base de un aplicativo en Excel.

² Un análisis de amenazas operación por operación sería más útil para la adaptación de una operación concreta y no para la construcción de una política pública nacional.

6. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

A continuación se recoge resumidamente los pasos metodológicos referidos en el documento previo de esta consultoría denominado “Propuesta Preliminar de Metodología para estimar la vulnerabilidad y los riesgos al cambio climático para la minería” con el objeto de hacer comprensible los pasos dados en los 3 casos piloto.

6.1 Conceptos básicos

6.1.1 Unidad de análisis

La unidad de análisis del estudio de vulnerabilidad y riesgo de los efectos derivados del cambio y la variabilidad climática es el sistema minero tipo. Entendiendo por sistema minero tipo a un conjunto de operaciones mineras dedicadas a similar extracción de recursos mineros (carbón, oro, etcétera) con similares características operativas (carbón subterráneo) y similares condiciones empresariales y de gestión (pequeña, mediana y gran minería), en un espacio geográfico determinado (Por ejemplo, Provincia de Ubaté, Cundinamarca). En este caso desarrollado en el primer caso piloto, la unidad de análisis sería el sistema minero de carbón subterráneo de pequeña y mediana minería de la Provincia de Ubaté, Cundinamarca³.

6.1.2 El área de análisis

La delimitación cartográfica del área de análisis se realiza a partir de la georreferenciación de las unidades mineras pertenecientes al sistema, a partir de las fuentes de información existentes.

La delimitación cartográfica específica del área de análisis debe responder a varios criterios que se definirán más adelante de forma detallada, siendo los más relevantes aquellos que tengan que ver con las áreas significativas para entender las amenazas derivadas del cambio climático para el sistema. Así, por ejemplo, si una amenaza genéricamente relevante son las inundaciones, entonces el área de análisis deberá tener en cuenta el área geográfica relevante para entender ese fenómeno.

³ Esta propuesta supone definir, a efectos de un ejercicio a escala nacional, en cuántas de esas unidades podría llegar a subdividirse el sector minero en el país. Eso supone una clasificación exhaustiva de la minería nacional en el territorio que excede el alcance de este estudio, no obstante, y sin pretender establecerlo como una sugerencia definitiva, el concepto de planificación de distrito minero, definido en su momento por la UPME, pudiera ser la base de la determinación de esas unidades. En función de diversas fuentes el número de distritos mineros podría oscilar entre 27 y 37 (MME 2015),

6.1.3 La caracterización del sistema minero tipo

El sistema minero tipo será caracterizado como una totalidad que sintetiza las características singulares de todas las operaciones mineras singulares que agrupa, que serán descritos en profundidad en el siguiente capítulo. Para estos efectos se describirán todos los diferentes componentes del sistema que sean necesarios para lograr su caracterización lo más integral posible. A continuación se recoge la propuesta sistemática de clasificación de un sistema minero en componentes.

Los componentes de un sistema minero hacen referencia a aspectos materiales y no materiales de la operación minera, es decir, a todos aquellos que son parte integrantes de su funcionamiento. Por ejemplo, la gerencia y sistema de gestión empresarial es un componente, o los sistemas de control de calidad.

Esto es así, porque si bien muchos de ellos pueden no estar afectados en primera instancia por amenazas naturales derivadas del cambio climático, si lo pueden estar de forma indirecta, o bien ser relevantes para entender la sensibilidad y capacidad de adaptación del sistema.

De la misma forma, si pareciera relevante, de forma general o en determinados casos, se pueden entender como componentes del sistema determinadas características del entorno de las actividades mineras mismas. Por ejemplo, un componente de entorno pudiera ser el del “papel social en la actividad minera”, pues pudiera en sí mismo ser un factor relevante de ese sistema minero, siendo también significativo tener en cuenta como se pudiese comportar en términos de riesgo a futuro.

Cada sistema minero dispondrá del mismo número de componentes, pues son genéricos a cualquier sistema (Para un detalle véase numeral 7). Lo que resulta distinto es el modo en que cada componente es caracterizado en cada uno.

Siendo los componentes del sistema sus elementos constitutivos, entonces, todo el análisis de vulnerabilidad y riesgo se hará en relación con esos componentes. Así, por ejemplo, las amenazas serán amenazas de determinados eventos naturales, “remociones en masa”, sobre cada uno de los componentes del sistema.

Entonces, el análisis establecerá si el evento “remociones en masa” puede afectar a un componente como el extractivo, valorando si dada la tecnología dominante de extracción en ese sistema minero en la zona geográfica en cuestión, es posible que ese evento (remociones en masa) afecte negativamente a ese componente (extractivo).

Como no puede ser de otra manera, cualquier respuesta que se dé es de naturaleza cualitativa, informada, pero cualitativa, y lo que hace es establecer una relación causal, entre el evento y el componente.

6.1.4 Identificación y caracterización de los eventos amenazantes

Como se ha señalado, las amenazas a los sistemas naturales o sociales derivadas del cambio climático se derivan de sub eventos secundarios de los efectos centrales en la modificación del clima o de la variabilidad climática, que son temperatura y precipitaciones.

Identificar para el área de análisis cada uno de los sub eventos pertinentes supone básicamente establecer el grado de probabilidad de que cada uno de esos sub eventos pudiese materializarse en esa área geográfica de estudio en los escenarios previstos de cambio climático.

La identificación de sub eventos amenazantes implica en sí mismo varios pasos:

- Identificar los eventos posibles derivados del cambio y la variabilidad climática que son pertinentes a priori para el análisis de vulnerabilidad y riesgo del sistema minero. En este sentido tanto los trabajos del IPCC, y en particular todos los relativos a su Quinto Informe de Evaluación, así como las comunicaciones Nacionales de Colombia constituyen una referencia, al igual que la literatura y el estado del arte en análisis de vulnerabilidad y riesgo minero al cambio climático a nivel internacional.
- Verificar si hay datos sobre los posibles sub eventos naturales derivados de los eventos centrales derivados del cambio y la variabilidad climática en los escenarios futuros.
- Determinar grado de posibilidad y si es factible intensidad de los sub eventos en los diferentes escenarios temporales de cambio climático para el área geográfica de análisis.

Tal como se ha visto en la muy rápida revisión del estado de la cuestión respecto de análisis de vulnerabilidad a nivel nacional la situación más recurrente será que, o bien no haya estimaciones completas de los diversos eventos amenazantes pertinentes a la escala geográfica de referencia e incluso de un área mayor a la de referencia, o haya datos dispersos y poco sistemáticos, al menos en los próximos años.

En este sentido, y de manera auxiliar al análisis de riesgo sectorial, se propone operar del siguiente modo a partir de un escenario en el cual de lo que se dispone son de los datos de modificación de precipitaciones y temperatura derivados de los escenarios de cambio climático nacional que se considera el más probable:

- Identificación de posibilidad de ocurrencia de sub eventos derivados del cambio climático en un área geográfica:

Derivar si de un incremento de x grados de la temperatura se van a ocasionar o no eventos climáticos extremos, como huracanes, o sequías de larga duración es en sí mismo producto de complejos procesos de investigación. Por tanto, si el dato no está disponible, que es lo más probable, esa relación causal se determinará a partir de los criterios que se hayan

utilizado en los estudios preliminares en el marco del IPCC y sus informes de evaluación, y los trabajos llevados a cabo en el ámbito nacional. Es decir, se hará una extrapolación lineal entre lo que allí se haya arribado con la situación del área de análisis en cuestión. Es decir, si por las razones que fuese, el IPCC ha considerado que en condiciones de incremento de la temperatura x grados emergen eventos como huracanes o tormentas, se asumirá esa referencia para el análisis de vulnerabilidad y riesgo. Esto facilitaría derivar, de los datos de modificación de temperatura y precipitación de los escenarios nacionales de cambio climático para la región e la cual se emplaza el área de análisis, los eventos que son posibles en el área de análisis.

- Determinación de la frecuencia e intensidad de los sub eventos:

Determinar frecuencia e intensidad de nuevas amenazas supone determinar la correlación existente entre el incremento de la temperatura e incremento o decremento de las precipitaciones y la presencia e intensidad de los eventos climáticos amenazantes. Determinar la función e correlación entre las modificaciones climáticas y los eventos es en sí mismo producto de complejos procesos de investigación. Por tanto, si el dato no está disponible, que es lo más probable, esa información se determinará a partir de los criterios que se hayan utilizado en los estudios preliminares en el marco del IPCC y sus informes de evaluación y los trabajos llevados a cabo en el ámbito nacional. Es decir, se hará una extrapolación lineal entre lo que allí se haya arribado como regla a aplicar en el análisis de vulnerabilidad y riesgo del área de análisis en cuestión. Es decir, si el IPCC, por las razones que fuese, considera que la función que correlaciona el incremento de la temperatura media con la emergencia de huracanes es una proporción dada, o una función x , entonces, se asumirá esa correlación para el análisis.

- Determinación de la propensión del área a sufrir los eventos amenazantes:

Dado que la información disponible sobre frecuencia e intensidad de los eventos será de naturaleza genérica se propone, para obtener un resultado que refleje mejor su plausibilidad, definir un conjunto de variables que determinen la propensión del área geográfica a sufrir el evento en cuestión. Así, por ejemplo, si se está estimando la eventualidad de que en el área de análisis se generen remociones en masa, se caracterizará el área por un par de variables, como pendiente y pluviometría, por ejemplo, que permitan estimar esa propensión. Por tanto, los pasos anteriores se ponderarán por esa propensión del área.

En la práctica, en los tres casos pilotos se ha demostrado que es casi imposible contar con datos que permitan avizorar la frecuencia e intensidad de los sub eventos relevantes para el análisis de la vulnerabilidad de la minería, debiendo realizar un ejercicio cualitativo de determinación básicamente de la posibilidad de los sub eventos a partir de una cualificación genérica de los

mismos.

6.1.5 Identificación y caracterización de las amenazas directas

Una amenaza existe si un evento derivado de las modificaciones de las variables climáticas coincide espacio temporalmente con algún componente del sistema minero y esa coincidencia supone una posibilidad del daño para éste último.

Esto supone cruzar los eventos pertinentes con los componentes del sistema minero en el área de estudio y determinar la plausibilidad de tal eventualidad. Esta es una valoración cualitativa que se nutre de toda la información procesada, y del sentido común, y debiera ser sujeto de procesos participativos. Su finalidad práctica es determinar que es plausible afirmar que en el área de análisis en cuestión tal evento, remoción en masa, puede afectar al componente del sistema minero “extractivo” con una intensidad dada, alta, media o baja.

A esta caracterización se le suma la ya disponible del propio evento en términos de frecuencia e intensidad con lo que se obtiene una caracterización densa de la amenaza en cuestión.

Como resultado de este ejercicio se obtiene una matriz de amenazas de los eventos derivados del cambio y la variabilidad climática para el sistema minero en cuestión.

6.1.6 Identificación y caracterización de las amenazas indirectas

Es posible que una amenaza directa a un componente del sistema minero genere una amenaza indirecta a otro componente. Por ejemplo, una amenaza físico material al componente de extractivo del sistema minero puede afectar a continuación al componente de administrativo y financiero al reducir los ingresos de la operación minera.

Por tanto un paso necesario es la determinación de las amenazas indirectas al sistema minero.

6.1.7 Identificación y caracterización de las amenazas de entorno

Los eventos pertinentes para el análisis de riesgo del sistema minero pueden tener efectos sobre componentes relevantes del entorno minero que luego repercutan en algún componente del sistema minero. Y a la inversa, los efectos de los sub eventos sobre el entorno pueden tener efectos sobre algún componente del sistema minero.

Para tener en cuenta esta eventualidad se propone una breve caracterización del entorno en relación con variables claves que pudieran tener que ver con los eventos pertinentes. Así, por ejemplo, y a modo ilustrativo se puede pensar que eventos asociados a escasez hídrica pudieran

afectar al sistema de población humana, y a varios sistemas productivos que utilizan el recurso. Los efectos sobre esos sistemas lo que harían es potenciar la amenaza de escasez para el sistema minero.

A la vez efectos de un sub evento en el sistema minero pueden afectar indirectamente al entorno. Por ejemplo, una remoción en masa pudiera alterar un sistema de tratamiento de aguas que terminara contaminando cauces de agua superficial relevante para la comunidad circundante.

6.2 La valoración de las amenazas identificadas

Como resultado de la propuesta hasta este momento se tienen identificada la posibilidad de que un sub evento específico derivado del cambio o la variabilidad climática pueda afectar a un componente del sistema minero analizado. Esto supone tener una amenaza identificada sobre un componente minero.

A continuación la amenaza en cuestión debe ser valorada en función de su gravedad para poder priorizar la gestión de las amenazas y la vulnerabilidad. Para estos efectos se propone utilizar un indicador de gravedad compuesto de dos variables, la de probabilidad o posibilidad de la amenaza y el daño que esta pueda suponer al componente afectado.

En concreto se ha utilizado en primer lugar para valorar el potencial de daño de la amenaza el siguiente índice compuesto de dos variables:

Tabla 6-1 Escala para definir el potencial de daño de la amenaza

Potencial de daño esperado				
Alcance: Potencial modificación elemento afectado				
Centralidad: Importancia elemento afectado		Marginalmente	Parcialmente	Sustantivamente
	Secundario	1	1	2
	Importante	1	2	3
	Central	2	3	3
Centralidad	1	el evento afecta un elemento secundario del componente		
	2	el evento afecta un elemento importante del componente		

Potencial de daño esperado		
Alcance: Potencial modificación elemento afectado		
	3	el evento afecta un elemento central del componente
Alcance	1	el evento tiene el potencial de modificar marginalmente el elemento afectado del componente
	2	el evento tiene el potencial de modificar parcialmente el elemento afectado del componente
	3	el evento tiene el potencial de modificar sustantivamente el elemento afectado del componente

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

Así, cada amenaza se cualifica primero en función de su potencial de daño, y se pregunta si:

- el evento tiene el potencial de modificar marginalmente el elemento afectado del componente
- el evento tiene el potencial de modificar parcialmente el elemento afectado del componente
- el evento tiene el potencial de modificar sustantivamente el elemento afectado del componente

Luego de obtener ese valor, se define la centralidad del daño posible. Se pregunta si:

- el evento afecta un elemento secundario del componente
- el evento afecta un elemento importante del componente
- el evento afecta un elemento central del componente

De cruzar los dos valores obtenidos utilizando la matriz de arriba se obtiene la gravedad de la amenaza.

Luego la gravedad es igualmente un índice compuesto de la posibilidad y del potencial de daño tal como sigue:

Tabla 6-2 Escala para definir la gravedad de la amenaza

		GRAVEDAD AMENAZA		
		Posibilidad daño		
		bajo	medio	alto
Potencial daño	bajo	1	1	2
	medio	1	2	3
	alto	2	3	3

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

Esto permite valorar las amenazas al sistema minero en Graves, Relevantes y Secundarias, facilitando así la identificación y valoración de los factores de vulnerabilidad de un sistema minero específico ante el cambio y la variabilidad climática.

El mapa de amenazas valoradas es un paso central en el análisis de vulnerabilidad y debe finalizar calculando el riesgo que cada uno de ellas implica, lo que quedará claramente definido en el documento de metodología de esta consultoría.

6.3 Secuencia metodológica

Esta aproximación da lugar a la siguiente secuencia metodológica:

1. Definición del área de análisis
2. Caracterización del área de análisis.
3. Descripción del sistema minero y sus componentes
4. Determinación de los eventos y sub eventos pertinentes para el análisis de vulnerabilidad.
5. Determinación de la probabilidad de ocurrencia de los eventos y sub eventos pertinentes
6. Identificación y caracterización de las amenazas directas.
7. Identificación y caracterización de las amenazas indirectas.
8. Identificación y caracterización de las amenazas de entorno.

7. UNIDAD DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD: EL SISTEMA MINERO

Los efectos de los sub eventos climáticos identificados en capítulos anteriores afectan de manera diferenciada a los distintos componentes, materiales e inmateriales, del sistema minero que, de acuerdo con el planteamiento metodológico de esta investigación, constituye la integración de las características singulares del negocio minero. Los impactos de estos eventos sobre la industria minera no son fáciles de identificar en todos los casos y pueden originar eventos de segundo orden más complejos de reconocer y mitigar (Sharma, V. et al., 2013b, pág. 55).

Con el fin de determinar la resistencia y la resiliencia de un sistema minero se ha definido como unidad mínima de análisis el componente minero fundamental del sistema minero y ya no sólo el método extractivo aplicado. A continuación se presenta la descripción de los ocho componentes identificados que permitirán evaluar posteriormente aspectos relacionados con la vulnerabilidad y las amenazas a la que estarían expuestos en función de los impactos directos e indirectos.

7.1 Componente administrativo y financiero

Comprende todos los aspectos que conforman el sistema administrativo de la empresa tales como dirección, planeación y procesos de toma de decisiones, identificación de objetivos y metas de producción y financieras, distribución de responsabilidades y labores, ejecución de los objetivos y las metas, control y verificación del correcto seguimiento a los planes trazados.

7.2 Componente recursos humanos

Como es de esperarse este componente está relacionado de manera directa con los otros componentes al incluir todo el personal operativo y administrativo vinculado de manera directa o indirecta con las diferentes etapas mineras.

7.3 Componente de la cadena de suministros

El concepto de cadena de suministros incluye a todos los proveedores que satisfacen las diferentes necesidades de la industria minera en cada una de sus actividades (Arango, M.D. et al., 2010). Como es de esperarse contempla los sistemas hospitalarios, de abastecimiento de agua potable, energía, alimentos, combustibles y explosivos entre otros.

7.4 Componentes extractivos

Por su visibilidad este es el componente más conocido y, por supuesto, se divide según los métodos extractivos en minería subterránea y a cielo abierto. Por ser el núcleo del negocio minero sus actividades son esenciales en el análisis de riesgos asociados al cambio climático.

Componente de extracción subterránea. Este sistema se utiliza en yacimientos angostos y profundos (vetas o mantos de carbón) que a cielo abierto requerirían ingentes esfuerzos económicos para la remoción de estériles, es decir, sin interés económico, para alcanzar la mineralización. Puesto que la extracción y el transporte de material ocurren a través de túneles y galerías, se requieren actividades específicas de drenaje, ventilación y alumbrado para garantizar condiciones laborales óptimas.

Los minerales metálicos presentes en el yacimiento sufren alteraciones químicas al contacto con el aire a través del túnel o en el patio de almacenamiento, por este motivo, las aguas de infiltración presentes en el túnel serán ácidas y requerirán tratamientos especiales.

Las actividades comunes a los tipos de explotación subterránea pueden sintetizarse como se muestra a continuación (MME & MMA, 2002, págs. 50 - 52), (UPME & Geominas, 2006).

- Subcomponentes de la minería subterránea
 - Preparación. Consiste en dar acceso al depósito a través de túneles (cruzadas horizontales), galerías inclinadas o pozos verticales. Exige operaciones de perforación y voladura, cargue, transporte y soporte de paredes y techo (entibación). Junto con el avance se instalan rieles, malacates y sistemas eléctricos, de ventilación y de bombeo.
 - Arranque. El avance de los túneles de acceso y explotación requiere el constante desprendimiento de estériles y material de interés, mediante operaciones manuales (pico y pala), mecánicas (martillos neumáticos o rozadoras) o explosivas (perforación y voladura). Para garantizar la estabilidad de los socavones se requiere la fortificación (entibación) del techo y las paredes con madera, metal o material de relleno.
 - Almacenamiento, cargue y transporte en galerías principales. Para el almacenamiento temporal dentro de la mina se utiliza gravedad o alimentadores mecánicos en compuertas o tolvas. En el transporte interno se usan tolvas, trenes, coches manuales y malacates, bandas transportadoras, volquetas y cargadores frontales.

- Métodos de extracción subterránea

El método extractivo a utilizar está basado en el buzamiento de la estructura mineralizada (mantos, capas o vetas según el tipo de material) que pueden ser horizontales para buzamientos menores de 25°, inclinados entre 25° y 45° o verticales cuando supera los 45° (Moreno, Modelo de un programa de seguridad e higiene para la minería subterránea de carbón en Colombia. Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería, 2011). Los sistemas más utilizados en Colombia son:

- Cámaras y pilares. El material es minado en galerías (cámaras) dejando pilares (columnas) de roca como soporte natural del techo. Las dimensiones y la disposición espacial de ambos dependerán de la resistencia geomecánica de la roca. En algunos

casos el material de los pilares se recupera, aunque se considera de muy alto riesgo.

Cuando hay varios niveles de galerías se conectan con tambores (pozos verticales) o galerías inclinadas que siguen el buzamiento (línea de máxima pendiente) de la estructura mineralizada. Este método suele utilizarse en yacimientos con buzamientos variables entre 30° y 50° según la resistencia de la roca.

- Tajo largo con derrumbe dirigido. Aplicado a yacimientos aproximadamente horizontales donde pueden desarrollarse frentes de explotación anchos y continuos que permiten el derrumbe del techo en las áreas ya minadas.
- Ensanche de tambores. Este sistema suele emplearse en yacimientos con buzamientos entre 30° y 70°, espesores de la estructura mineralizada superiores a 1.5 m y respaldos con gran resistencia geomecánica. Consiste en la formación de cámaras mediante la ampliación de tambores (pozos verticales) que comunican túneles horizontales (cruzadas) o inclinados cuya separación vertical depende del espesor del depósito.
- Escalones invertidos. Utilizado en depósitos con buzamientos superiores a 50° donde a partir de una cruzada se construyen pozos inclinados que siguen el buzamiento de la estructura mineralizada, desde estos pozos se construyen los túneles diagonales que conectan con un túnel inferior de salida y que son ensanchados formando bloques escalonados al avanzar la explotación. La configuración obtenida permite extraer el carbón por gravedad a través de las tolvas formadas por la misma explotación.

Componente de extracción a cielo abierto. De manera similar al anterior tiene sus propias particularidades frente a los efectos climáticos, en particular con inundaciones asociadas con desbordamientos o movimientos en masa por el aumento de la carga hídrica en los taludes.

Las condiciones del yacimiento y la relación entre el volumen de estéril que debe retirarse para obtener un volumen dado de mineral, denominado relación de descapote, determinan la viabilidad económica de estas operaciones cuyo mayor beneficio es la remoción de grandes volúmenes de material.

- Subcomponentes de la minería a cielo abierto
 - Preparación. Representa la remoción, mediante maquinaria pesada, de la vegetación y de la capa vegetal que cubre el área que será intervenida. Los volúmenes de suelo removido serán almacenados y protegidos en pilas con el objeto de utilizarlas posteriormente en las tareas de recuperación.
 - Arranque. Para permitir la extracción del material estéril y de aquel económicamente importante se fragmenta con sistemas mecánicos (maquinaria pesada) o con voladura
 - Cargue y transporte. La operación de extracción del material y su traslado hasta los

lugares de beneficio, almacenamiento o disposición final se realiza con sistemas de carga que pueden incluir palas (mecánicas o eléctricas), cargadores, retroexcavadoras, cucharones, cangilones, dragalinas, grúas y equipos de empuje frontal entre otros. Mientras que para el transporte se utilizan bandas transportadoras o volquetas.

- Acopio. El material comercial es almacenado temporalmente en patios de acopio o silos antes de su venta o su paso a la planta de beneficio según sea el caso.
 - Disposición final de estériles. El material sin interés económico se deposita en áreas diseñadas geotécnica y ambientalmente para su acumulación definitiva.
 - Disposición de residuos del proceso de beneficio o transformación. Los residuos sólidos y líquidos, llamados colas, resultantes de procesos de beneficio y transformación requieren tratamiento químico y físico antes de su liberación al ambiente para garantizar el mínimo de impactos.
 - Rehabilitación y cierre de operaciones
- Métodos de extracción a cielo abierto más usados en Colombia
 - Tajo abierto. Consiste en la conformación de bancos de extracción que siguen la dirección y el buzamiento del cuerpo mineralizado generando excavaciones profundas. La extracción del estéril se realiza por medios mecánicos o voladuras. Suele ser común en la minería del carbón, el hierro, el níquel y los materiales de construcción (MME & MMA, 2002).
 - Minería de cajón o descubiertas. Aplicable, en especial, a depósitos sedimentarios con buzamientos menores a 10°, poco espesor, grandes reservas y alta relación de descapote, que permite la conformación de dos bancos, uno superior de estéril y otro inferior con el cuerpo mineral. Tiene como característica deseable que la misma excavación sirve como botadero de estéril. Aplicable a carbón.
 - Minería de contorno. Se expone en superficie el depósito empujando el estéril sobre la ladera para lograr una extracción económica y rápida. Se utilizan palas hidráulicas, retroexcavadoras, buldóceros o cargadores. Muy usada en materiales de construcción.
 - Métodos mixtos. Definen las operaciones que han excedido la posibilidad económica y financiera de continuar a cielo abierto y deben iniciar actividades subterráneas. Por ejemplo, cuando la minería de contorno se utiliza como actividad extractiva preliminar para dar acceso al depósito que será enfrentado por vía subterránea. Puede aplicarse en carbón y minerales industriales.
 - Minería de aluvión. Comprende la extracción de materiales de arrastre y depósitos aluviales. De uso común en el minado de materiales de construcción como arenas o gravas y metales preciosos como oro, plata y platino. La extracción puede realizarse por métodos hidráulicos mediante la inyección de agua a presión que sirve para arrancar el

material y transportarlo a las áreas de beneficio y transformación. También puede utilizarse el sistema de dragado que utiliza una plataforma flotante que cuenta con sistemas de arranque del material del lecho aluvial.

7.5 Componente de almacenamiento temporal

La preparación del material para beneficio, venta o transbordos se realiza en patios de acopio o silos cuyas características están en función de la calidad del material, las vías internas, el volumen, el tiempo de almacenamiento, las especificaciones del terreno, el equipo de cargue y descargue disponible, el control de emisiones de polvo, el sistema de drenaje y la infraestructura (oficinas, talleres y otros).

Estos acopios pueden ser locales para almacenamiento de material transportado por vías terciarias que serán transbordados a camiones con mayor capacidad o ser nodos de integración intermodal que permiten el paso de carretero a fluvial, ferroviario o marítimo.

7.6 Componente de transporte y comercialización.

La disponibilidad de infraestructura y servicios de transporte representa un aspecto básico para la productividad y la competitividad de las industrias que comercializan grandes volúmenes de materiales mineros de bajo valor unitario como carbón, ferróníquel, materiales de construcción y caliza. En el caso de los metales preciosos no se requieren cadenas de transporte de gran especialización puesto que el volumen a transportar no es tan grande.

Las necesidades de capacidad de transporte, velocidad de viaje, seguridad, continuidad y costos unitarios, junto con la ubicación geográfica de la mina con respecto a los centros de consumo o de exportación definen el modo o combinación de modos a utilizar para el transporte de materiales mineros.

Modo aéreo. Por los menores tiempos de viaje ofreciendo las mejores condiciones de seguridad se utilizan helicópteros y avionetas para movilizar productos mineros con gran valor unitario, que solventa el alto costo del servicio, y volúmenes pequeños como los metales preciosos hasta las ciudades principales o los aeropuertos internacionales para su exportación.

Modo carretero. Utilizado en el transporte de materiales con bajo valor unitario que requieren el desplazamiento de grandes volúmenes. Se considera un modo flexible en cuanto a tiempos de entrega y volúmenes transportables; permite fácil acceso a los puntos de cargue y descargue en los centros de consumo, distribución o exportación; presenta mayor grado de inseguridad física y ambiental que el anterior y; su costo unitario es menor que el modo aéreo pero mayor que el fluvial y el ferroviario.

La calidad del transporte en términos de tiempo de viaje, costos y confiabilidad está en función

de las características técnicas de la vía: especificaciones técnicas de la banca, obras de drenaje, estabilidad de taludes, pendientes, puentes y túneles.

- Transporte local. La extracción de los materiales mineros desde la mina hasta un acopio temporal se realiza a través de vías terciarias que obligan en algunos casos a utilizar camiones de menor capacidad que aquellos que pueden utilizar las vías principales.
- Transporte regional y nacional. La movilización se realiza por vías principales de la red nacional con mejores especificaciones técnicas que permiten el uso de vehículos con mayor capacidad.

Modo fluvial. Los tiempos de viaje son mayores que los anteriores pero los costos menores pues permite la movilización de grandes volúmenes en el mismo viaje. Su operación está en función del calado, el centro de transbordos de la mercancía al comienzo cuando recibe de camiones y al final del viaje cuando entrega a camiones o puertos.

Modo ferroviario. Representa los mayores tiempos de viaje y gran flexibilidad frente a los volúmenes a transportar.

Modo marítimo. La capacidad de transporte de materiales con bajo valor unitario incluye desde volúmenes menores hasta despachos masivos que incluyen la totalidad del buque carguero con tarifas notablemente más bajas que otras modalidades. Los costos y la frecuencia del envío determinan el uso de servicios de línea que ofrece frecuencias, rutas y tarifas establecidas o el fletamento de buques. En general, el modo marítimo está condicionado por las capacidades de las instalaciones y los equipos portuarios, los accesos marítimos y el tamaño del buque (MME & Incoplan S.A., 2011).

7.7 Componente de beneficio y transformación

El conjunto de procesos a los que es sometido un material minado con el objeto de garantizar su comercialización e incrementar su valor agregado se conoce como beneficio y transformación. Se identifican dos componentes así:

Componente de beneficio. Comprenden las labores de transformación física del material minado requeridas para permitir su uso o posterior transformación (MME & MMA, 2002b).

- Subcomponentes del beneficio
 - Lavado. Eliminación de lodos y materiales orgánicos mediante agua a presión en zarandas o rociado de agua.
 - Conminución. Reducción de tamaño mediante trituración y molienda
 - Homogenización. Garantiza las condiciones de operación al unificar el tamaño de las partículas y la composición química de las mezclas preparadas, especialmente en la

preparación de las materias primas requeridas en coquización, clinkerización y otras industrias.

- Clasificación. Separación según tamaño de partículas mediante tamizados y sedimentación de partículas.
- Concentración. Separación del mineral con interés económico de aquellos estériles aprovechando las características físicas y fisicoquímicas con procesos como gravimetría, flotación y separación magnética.

Componente de transformación. Son procesos unitarios de beneficio donde operan transformaciones físico químicas en el material minero previamente beneficiado.

- Subcomponentes de la transformación (MME & MMA, 2002b)
 - Pirometalurgia. Uso del calor para obtención y refinación de materiales mineros. Incluye la tostación, calcinación, coquización, fundición, cocción, secado y refinación.
 - Hidrometalurgia. Proceso de disolución selectiva del material con interés económico en algún reactivo lixivante para su posterior precipitación. En el caso del oro y la plata el lixivante más común es el cianuro. Su efectividad está en función del tamaño de partícula, la concentración, el tiempo de lixiviación, la mineralogía del depósito. Puede requerirse calcinación y tostado como pre-tratamiento.

7.8 Componente de gestión ambiental

Se denomina gestión ambiental el conjunto de acciones que permiten un manejo integral del medio ambiente. En el caso específico de la minería, se trata del conjunto de procesos cuyo propósito es el cumplimiento de la normativa ambiental vigente para la actividad, así como el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental que hayan sido fijados por las autoridades ambientales (ANLA, Corporaciones Autónomas Regionales) a través de herramientas como la Licencia Ambiental o los Planes de Manejo Ambiental.

En el caso de la minería, los principales aspectos a tener en cuenta son:

- Estabilidad geotécnica
- Manejo de agua: aguas residuales, vertimientos, calidad del agua
- Calidad del aire (emisión de material particulado)
- Suelos: remoción del suelo y recuperación, reforestación, restauración del paisaje
- Hidrogeología
- Ruido

- Manejo de residuos
- Componente biótico: afectaciones a la flora y a la fauna

Se trata de un componente muy importante, no solo en términos de cumplir con la normatividad establecida⁴, sino que también permite el desarrollo de la actividad minimizando los conflictos con poblaciones vecinas debido al deterioro del ambiente.

7.9 Entorno de las unidades de producción

Las respuestas del territorio según sus características geomorfológicas, hidroclimáticas, estructurales y de infraestructura tienen efectos sobre las actividades económicas -incluida la minería, las comunidades, la gobernabilidad y el ambiente.

Estas respuestas pueden influir en la disponibilidad y la calidad del suministro de agua potable y energía eléctrica, la estabilidad y la confiabilidad de la infraestructura de transporte que permite el acceso de personal y suministros de bienes y servicios a las regiones y los daños a la propiedad privada y pública, entre otros, afectando por igual a las empresas mineras y a los pobladores de la región.

⁴ Generalmente un sistema de gestión ambiental se contempla de forma más amplia, incluyendo aspectos de salud ocupacional y seguridad industrial (sistema HSE) y la normativa relacionada. Sin embargo para el objeto de este análisis, en el componente "gestión ambiental" sólo se contempla la normativa ambiental y los daños que se puedan causar a este entorno. Los efectos relacionados con seguridad industrial y salud ocupacional se contemplan en el componente de recursos humanos, que sería el afectado por el incumplimiento de esa normatividad.

8. MATRICES DE APOYO A LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RIESGO DERIVADOS DEL CAMBIO Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA PARA LA MINERÍA EN COLOMBIA

Los escenarios climáticos proyectados para Colombia indican que el comportamiento de las precipitaciones no será igual en las diferentes regiones y que, en consecuencia, los análisis de evaluación y adaptación deben ser específicos en cada caso (IDEAM, 2015, pág. 14). Bajo esta perspectiva surge la necesidad de elaborar una herramienta de análisis tipo matriz que facilite la evaluación del riesgo asociado al cambio climático para los diferentes sistemas mineros en diferentes áreas geográficas.

En este documento se han descrito nueve sub eventos asociados al cambio climático y sus diferentes efectos sobre una unidad minera productiva o un distrito minero según sea el rango de análisis. Posteriormente, se ha propuesto una desagregación del sistema minero según sus ocho componentes fundamentales y su entorno y; finalmente se plantea una tipología de impactos consecuente con todo lo anterior que incluye 12 categorías.

A partir de todo lo anterior se ha diseñado un conjunto secuencial de matrices cuya gestión permite realizar integralmente los cálculos sugeridos en esta metodología en sus 13 pasos. Para estos efectos se ha sistematizado el ejercicio y los cálculos en una simple aplicación sobre Excel que se acompaña a esta metodología y que dispone de un manual de usuario que es indispensable leer con atención para poder usar el aplicativo.

8.1 Descripción de la estructura del libro de Excel

La herramienta está conformada por siete componentes

- Matriz caracterización de eventos y territorio
- Matriz de identificación de amenazas directas
- Matriz de análisis de amenazas indirectas
- Matriz de valoración cualitativa de la posibilidad de ocurrencia
- Matriz valoración cualitativa del potencial del daño esperado
- Matriz de la valoración de la gravedad del daño
- Matriz de la valoración del riesgo
- Matriz de análisis de riesgo

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Cada una de ellas se encuentra relacionada entre sí, por lo que en su mayoría, la herramienta transmite los datos de una matriz a otra de forma automática.

8.1.1 Matriz caracterización de eventos y territorio

La matriz caracterización de eventos y territorio tiene como propósito determinar la posibilidad de que tengan lugar los eventos y sub eventos amenazantes del cambio y la variabilidad climática (CC) para la minería en el área de estudio. Para ello se cuenta con lo que señalan al respecto los escenarios de CC de la 2ª y 3ª Comunicación Nacional y los escenarios planteados por estudios oficiales territoriales en cada caso. Además se cuenta con la valoración, hasta ahora cualitativa, de la vulnerabilidad del territorio o su susceptibilidad a sufrir los sub eventos relevantes para la minería. En el futuro los indicadores seleccionados podrán documentar mejor la susceptibilidad/vulnerabilidad del territorio. La matriz culmina con la calificación del sub evento amenazante.

Figura 8-1 Calificación del sub evento amenazante

Calificación	CALIFICACIÓN DEL SUBEVENTO AMENAZANTE		
	Baja	Alta	Media
Interpretación	<p>Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de la 3ª Comunicación Nacional señalan un incremento probable significativo de la temperatura media en el área de análisis (de 0,8 a 1,5 grados). Referenciar y serior histórico, en abtante, no señalan un fenómeno recurrente de sequía paratada el área, siendo en abtante, un fenómeno puntual on determinar xonar y durante ciertas meses del año. Finalmente las condiciones naturales en término de climatología e hidrológica del área de análisis na la hacen propensa a sufrir fenómenos de sequía rina de forma más bien puntual en término espacial y temporal. Toda ella sugiere que errala parible que el área de análisis sufra fenómenos de sequía con una frecuencia e intensidad mayor a la que la ha caracterizada históricamente en las distintas escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacional.</p>	<p>Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de las varias Informe del IPCC señalan un importante incremento del nivel del mar a escala global y en particular en la región del Pacífico y Caribe calambiana. Los estudios llevados a cabo par INVERMAR han confirmado erra alcanzar, así como las Comunicaciones Nacionales, señalando un incremento de significativa importancia en ambas costas. Aunque este er un fenómeno que tendría lugar en áreas distintas de las de análisis, tiene un efecto indirecto sobre el sistema minero, razón par la que se considera, en concreto como un evento de muy parible ocurrencia.</p>	<p>Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de la 3ª Comunicación Nacional señalan un incremento probable significativo de la precipitación en el área de análisis (entre 20 y 40%). Los referenciar histórico disponible señalan un incremento importante de la frecuencia de inundaciones en la última década en el área de análisis. Finalmente las condiciones naturales en término de geología, edafología, sistema hidrológica y clima del área de análisis la hacen muy propensa a sufrir inundaciones. Toda ella sugiere que er muy parible que el área de análisis sufra fenómenos de inundación con una frecuencia e intensidad mayor a la que la ha caracterizada históricamente en las distintas escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacional.</p>

Fuente: ACON- Miembro del grupo INERCO, 2015

8.1.2 Matriz de identificación de amenazas directas

La matriz de identificación de amenazas directas tiene como propósito determinar la posibilidad de que los sub eventos del CC, de acuerdo a su perfil estimado en la matriz de “Caracterización de Eventos y Territorio” constituyan una amenaza para cualquiera de los componentes del sistema Minero o para su entorno. Para ello se cuenta con la caracterización del Sub Evento Amenazante en la matriz respectiva, y con la descripción cualitativa de los componentes del sistema Minero y del entorno. Cada sub-evento amenazante se ha subdividido en varios tipos de impactos a los que pueda dar lugar, esto permite identificar mejor la posible amenaza.

Figura 8-2 Matriz de identificación de amenazas directas

Eventos secundarios/ sub eventos del CC		INUNDACIONES			
Calificación del sub evento amenazante	Calificación	Alto			
	Interpretación	Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de la 3ª Comunicación Nacional señalan un incremento probable significativo de las precipitaciones en el área de análisis (entre 20 y 40%). Las referencias históricas disponibles señalan un incremento importante de la frecuencia de inundaciones en la última década en el área de análisis. Finalmente las condiciones naturales en términos de geología, edafología, sistema hidrológico y clima del área de análisis la hacen muy propensa a sufrir inundaciones. Todo ello sugiere que es muy posible que el área de análisis sufra fenómenos de inundación con una frecuencia e intensidad mayores a la que la ha caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacional.			
Impactos sobre los componentes del sector minero		Filtraciones	Desbordamiento por crecientes súbitas y avenidas torrenciales	Ánegasión	Encharcamiento
	Componente Administrativo, Financiero				
	Possibilidad de ocurrencia amenaza				

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

8.1.3 Matriz de análisis de amenazas indirectas

La matriz de análisis de amenazas indirectas tiene como propósito identificar las posibles amenazas indirectas sobre cada uno de los componentes del sistema minero que se derivan de las amenazas directas identificadas en la matriz anterior.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 8-3 Ejemplo estructura matriz amenazas indirectas

AMENAZA DIRECTA/COMPONENTE	Amenazas Directa Componente Recursos Humanos		Amenazas Directa Componente Extractivo			Amenazas Directa Componente Almacenamiento Temporal		
	La posibilidad de ocurrencia de...	La posibilidad de ocurrencia de...	La posibilidad de ocurrencia de...	La posibilidad de ocurrencia de...	La posibilidad de ocurrencia de...	La posibilidad de ocurrencia de...	La posibilidad de ocurrencia de...	La posibilidad de ocurrencia de...
Possibilidad de ocurrencia	Medio	Baja	Alta	Baja	Baja	Alta	Alta	Baja
Componente Administrativo, Financiero								
Possibilidad de ocurrencia								
Componente Recursos Humanos								
Possibilidad de ocurrencia								
Componente Cadenas suministro								
Possibilidad de ocurrencia								

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

8.1.4 Matriz de valoración cualitativa de la posibilidad de la amenaza

En esta matriz se asigna una calificación de 1 a 3 a la posibilidad de ocurrencia de la amenaza, directa o indirecta, expresada en las matrices anteriores. Esta posibilidad está contenida ya en el enunciado de la amenaza.

Figura 8-4 Matriz de Calificación de la posibilidad de las Amenazas Identificadas

POSIBILIDAD DE DAÑO	
Alta (3)	La relación de causalidad entre el evento y el daño es muy
Media (2)	La relación de causalidad entre el evento y el daño es
Baja (1)	La relación de causalidad entre el evento y el daño es cierta. Si

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

8.1.5 Matriz de valoración cualitativa del potencial del daño esperado

El propósito de esta matriz (Figura 8-5) consiste en dar un paso intermedio para la valoración de la gravedad de cada una de las amenazas identificadas.

Figura 8-5 Matriz de Calificación del Potencial de Daño de las Amenazas Identificadas

		Alcance: Potencial modificación elemento afectado		
Centralidad: Importancia elemento afectado		marginalmente	parcialmente	sustantivamente
	secundario	1	1	2
	importante	1	2	3
	central	2	3	3
Centralidad		secundario	el evento afecta un elemento secundario del componente	
		importante	el evento afecta un elemento importante del componente	
		central	el evento afecta un elemento central del componente	
Alcance		marginalmente	el evento tiene el potencial de modificar marginalmente el elemento afectado del componente	
		parcialmente	el evento tiene el potencial de modificar parcialmente el elemento afectado del componente	
		sustantivamente	evento tiene el potencial de modificar sustantivamente el elemento afectado del componente	

Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

8.1.6 Matriz de la valoración de la gravedad de la amenaza

El objetivo de esta matriz es sintetizar el análisis de amenazas y determinar la gravedad de cada una, en función de las asignaciones previas de posibilidad y potencial de daño (Tabla 8-1) que se asigna en esta matriz, entre amenazas graves, relevantes y secundarias (Figura 8-6).

Tabla 8-1 Matriz guía para el cálculo de la gravedad

		GRAVEDAD AMENAZA		
		Posibilidad daño		
		bajo	medio	alto
Potencial daño	bajo	1	1	2
	medio	1	2	3
	alto	2	3	3

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

Figura 8-6 Ejemplo estructura matriz gravedad

AMENAZA DIRECTA/COMPONENTE	Amenaza Directa - Componente Recursos Humanos			Am
La posibilidad de crecientes subidas por incremento en la precipitación en las cabeceras de las cuencas sugiere una alta posibilidad de ocurrencia de accidentes asociados en las minas aluviales, lo que tiene un potencial alto de daño al componente de recursos humanos constituyendo en síntesis una amenaza grave para el sistema minero.	La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugieren una baja posibilidad de incremento en la emisión de material particulado a la atmósfera con la consiguiente afectación a la fuerza laboral, lo que tiene un potencial bajo de daño al componente de recursos humanos constituyendo en síntesis una amenaza secundaria para el sistema minero.	La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere posibilidad mediana de afectación en el desempeño de la fuerza laboral, lo que tiene un potencial medio de daño al componente de recursos humanos constituyendo en síntesis una amenaza relevante para el sistema minero.	La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de crecientes súbitas e inundaciones sugiere una alta posibilidad de modificaciones rápidas de las áreas en explotación ubicadas dentro del lecho y las orillas activas de los cauces fluviales que pueden obligar al cierre parcial de la operación, lo que tiene un potencial alto de daño al componente extractivo constituyendo en síntesis una amenaza grave para el sistema minero.	
Possibilidad de ocurrencia	Grave	secundario	Relevante	Grave
Componente Administrativo, Financiero	La posibilidad de este efecto directo sobre el componente recursos humanos sugiere una alta posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero vía mayores costos en atención de emergencias y readecuación de las áreas afectadas, y con un potencial de daño alto por lo que constituye en síntesis una amenaza grave para el sistema minero.	La posibilidad de este efecto directo sobre el componente recursos humanos sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero vía incremento de costos laborales con un potencial bajo de daño, por lo que constituye en síntesis una amenaza secundaria para el sistema minero.	La posibilidad de este efecto directo sobre el componente recursos humanos sugiere una mediana posibilidad de afectación al componente Administrativo y financiero por incremento en costos debido a reducción de horas laborales del personal y mayor prevención en salud ocupacional con un potencial de daño bajo, por lo que constituye en síntesis una amenaza secundaria para el sistema minero.	La posibilidad de este efecto directo sobre el componente extractivo sugiere una alta posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero por incremento en costos vía reducción de producción vendible con un alto potencial de daño, por lo que constituye en síntesis una amenaza grave para el sistema minero.
Possibilidad de ocurrencia	Grave	secundario	secundario	Grave

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

8.1.7 Matriz de riesgos

Esta matriz tiene como propósito determinar el valor del riesgo de las amenazas a través del cálculo de la vulnerabilidad y el de la gravedad determinado en la matriz anterior. Se encuentra dividida en tres hojas de Excel: “Vulnerabilidad”, “Riesgo”, y “Listado Riesgo”.

- Hoja de Excel “Vulnerabilidad”

En esta pestaña se determina el valor de la vulnerabilidad del sector minero a través del índice de sensibilidad y el índice de capacidad de adaptación (Figura 8-7, Tabla 8-2) cuyos cálculos se encuentran divididos en dos tablas (Figura 8-8 y Figura 8-9).

Figura 8-7 Índice de vulnerabilidad sistema Minero

Índice de sensibilidad del sistema minero	Índice de capacidad de adaptación del sistema minero	Índice Vulnerabilidad Sistema Minero
2	1	3

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Tabla 8-2 Cálculo índice de vulnerabilidad

ÍNDICE VULNERABILIDAD				
		Sensibilidad		
		Baja	Media	Alta
Capacidad adaptación		0-0,1	0,11-0,6	0,61-1
Alta	1-0,9	1	2	2
Media	0,89-0,6	1	2	3
Baja	0,59-0	1	3	3

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

En ambas se encuentran las variables a analizar para los diferentes tipos de minería (gran minería, mediana minería, pequeña minería y artesanal). En la se puede observar que las variables cuentan con una ponderación variable, y los tipos de minería de su presencia relativa y un valor ponderado.

Figura 8-8 Ejemplo tabla del índice de sensibilidad minero

Tipos de minería		Gran minería	
Variables	Ponderación variable	Presencia relativa	Valor ponderado
Recursos institucionales	0,2	1	0,2
Recursos directivos	0,2	1	0,2
Recursos técnicos	0,25	0,8	0,2
Recursos de calidad	0,15	0,6	0,09
Recursos de materiales	0,2	0,95	0,19
Verificación	1		0,88
Índice sensibilidad segmento			0,88
Presencia relativa segmento en Sistema Minero			0
Índice sensibilidad sistema Minero			

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 8-9 Ejemplo tabla del índice de capacidad de adaptación del sistema minero

Tipos de minería		Gran minería	
Variables	Ponderación variable	Presencia relativa	valor ponderado
Recursos financieros: Índice de rentabilidad de la empresa minera	0,3	0,8	0,24
La existencia y calidad de su dirección y gestión técnica/ recursos tecnológicos	0,3	1	0,3
Disponibilidad de recursos materiales	0,2	0,8	0,16
Disponibilidad de recursos humanos capacitados	0,2	0,6	0,12
Verificación	1		0,82
Capacidad adaptación segmento	1		0,82
Presencia relativa segmento minero en Sistema Minero			0
Índice capacidad adaptación sistema Minero			

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

- Hoja de Excel “Riesgos”

Esta hoja realiza el cálculo del riesgo de las amenazas identificadas a partir del valor de la gravedad y de la vulnerabilidad (Tabla 8-3), adjuntando las interpretaciones para cada valoración (Figura 8-10).

Tabla 8-3 Cálculo riesgo

RIESGO			
	VULNERABILIDAD		
GRAVEDAD	Baja	Media	Alta
Baja	BAJA	BAJA	BAJA
Media	MEDIA	MEDIA	ALTA
Alta	MEDIA	ALTA	ALTA

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 8-11 Ejemplo hoja de listado de riesgos por componente

Componente Administrativo, Financiero	Componente Recursos Humanos	Componente Cadena de suministro	Componente Extractivo	Componente Almacenamiento Temporal	Componente Beneficio y Transformación
La posibilidad de este efecto directo sobre el componente recursos humanos sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero vía mayores costos de persona, y con un potencial de daño bajo, por lo que constituye en síntesis una amenaza secundaria para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo bajo para el mismo.	La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa sugiere una posibilidad media de procesos de contaminación de fuertes de suministro de agua potable por contaminación asociada a sedimentos o por daño en las estructuras de almacenamiento, o de daño físico en estructuras por caída de rocas o deslizamiento, lo que tiene un potencial medio de daño al componente de recursos humanos constituyendo en síntesis una amenaza relevante para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo medio para el mismo.	La posibilidad de este efecto directo al entorno del sistema minero sugiere una alta posibilidad de afectación al componente Cadena de suministro debido al cierre temporal de las vías aéreas que pueden generar interrupción de servicios públicos necesarios para el funcionamiento del sistema minero como es el recurso hídrico, inundaciones en los túneles de lavado y coqueación, con un potencial de daño medio, por lo que constituye en síntesis una amenaza grave para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo alto para el mismo.	La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de inundaciones sugiere que se puedan generar filtraciones de marcos de carbón y las capas de acceso y de interrupción de sistemas de bombeo interno de la mina lo que sugiere una alta posibilidad de que se generen efectos de funcionamiento del sistema minero que se produzcan en los sistemas de drenaje y er las material procesable, con un potencial de daño medio en el componente de almacenamiento temporal constituyendo en síntesis una amenaza grave para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo alto para el mismo.	La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de inundaciones sugiere que durante estas los sistemas de acopio de carbón podrán verse afectados por erosión de las pilas de almacenamiento, lo que sugiere una alta posibilidad de que se generen efectos de transformación por carencia de vías de acceso, con un potencial de daño medio en el componente de almacenamiento temporal constituyendo en síntesis una amenaza grave para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo alto para el mismo.	La posibilidad de este efecto directo sobre el componente beneficio y transformación sugiere una alta posibilidad de afectación al componente beneficio y transformación por carencia de vías de acceso, con un potencial de daño medio en el componente de almacenamiento temporal constituyendo en síntesis una amenaza grave para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo alto para el mismo.
Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo alto
La posibilidad de este efecto directo sobre el componente recursos humanos sugiere una baja posibilidad de afectación al componente administrativo y financiero vía mayores costos de persona y con un potencial de daño bajo, por lo que constituye en síntesis una amenaza secundaria para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo bajo para el mismo.	La posibilidad de ocurrencia de efectos en el comportamiento volumétrico del suelo implica con una baja posibilidad que haga efectos de debilitación de los respaldos en los primeros tramos de los túneles de acceso y de interrupción de servicios públicos necesarios para el funcionamiento del sistema minero y con un hidrostático y sugiere la posibilidad de derrumbe y cespandimiento, lo que como es el recurso hídrico, componente extractivo por lo que se tiene un potencial medio de dañar al funcionamiento en los procesos de lavado y coqueación, con un potencial de daño medio, por lo que constituye en síntesis una amenaza relevante para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo bajo para el mismo.	La posibilidad de este efecto directo al entorno del sistema minero sugiere una alta posibilidad de afectación al componente Cadena de suministro debido al cierre temporal de las vías aéreas que pueden generar interrupción de servicios públicos necesarios para el funcionamiento del sistema minero como es el recurso hídrico, inundaciones en los túneles de lavado y coqueación, con un potencial de daño medio, por lo que constituye en síntesis una amenaza grave para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo alto para el mismo.	La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y erosión sugieren una alta posibilidad de que se produzcan procesos erosivos en las pilas de almacenamiento vulnerando los sistemas de trampa de sedimentos en tendria un alto potencial de daño al drenajes, con un potencial de daño bajo en el componente de almacenamiento temporal constituyendo en síntesis una amenaza relevante para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo medio para el mismo.	La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y erosión sugieren una alta posibilidad de que se produzcan procesos erosivos en las pilas de almacenamiento vulnerando los sistemas de trampa de sedimentos en tendria un alto potencial de daño al drenajes, con un potencial de daño bajo en el componente de almacenamiento temporal constituyendo en síntesis una amenaza relevante para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo medio para el mismo.	La posibilidad de este efecto directo sobre el componente beneficio y transformación sugiere una alta posibilidad de afectación al componente beneficio y transformación por carencia de vías de acceso, con un potencial de daño medio en el componente de almacenamiento temporal constituyendo en síntesis una amenaza relevante para el sistema minero, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero la transforma en un riesgo alto para el mismo.
Riesgo bajo	Riesgo bajo	Riesgo alto	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo alto

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

8.1.8 Matriz valoración de riesgos

En esta matriz se realiza la valoración de los riesgos calculados en la matriz anterior para determinar qué debe ser realizado con cada uno de ellos, basados en la centralidad sistémica de cada uno de los componentes y del valor de los riesgos como se ve en la Tabla 8-4.

Tabla 8-4 Matriz guía para valorar los riesgos

Centralidad sistémica componente	Componente Recursos Humanos	23,3	Controlar/reducir	Controlar/reducir	Evitar
	Componente Cadena de Suministro	23,3			
	Componente Extractivo	18,7			
	Componente Administrativo, Financiero	18,0			
	Componente Transporte y Comercialización	18,0			
	Componente Almacenamiento Temporal	12,0	Aceptar	Controlar/reducir	Evitar
	Componente Beneficio y Transformación	10,5			

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Componente entorno social, ambiental y de gobernabilidad	4,1	Aceptar	Transferir	Transferir
Componente de Gestión Ambiental	4,0			
		$x < 0,49$	$0,49 > x < 0,99$	$x > 1$
Nivel de riesgo				

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

Figura 8-12 Ejemplo matriz de valoración de riesgos

Componente Cadena suministro	Componente Extractivo	Componente Almacenamiento Temporal	Componente Beneficio y Transformación	Componente Transporte y comercialización	Componente de Gestión Ambiental	Componente entorno social, ambiental y de
La posibilidad de este efecto directo sobre el componente recursos humanos sugiere una baja posibilidad de afectación al componente cadena de suministro vía mayores costos en el acceso a agua potable y con un potencial de daño bajo por lo que constituye un riesgo una amenaza secundaria para el sistema minero lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero lo transforma en un Riesgo bajo	La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere posibilidades medianas de afectaciones en el desempeño de la fuerza laboral, lo que tiene un potencial medio de dañar al componente de recursos humanos constituyendo un síntesis una amenaza relevante para el sistema minero.	La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere una mediana posibilidad de incrementar las posibles reducciones en la producción para reducir la emisión de material particulado según exigencias de las autoridades ambientales que se pudiera producir un fenómeno de secado lo que tiene un potencial medio de dañar al componente extractivo constituyendo en síntesis una amenaza relevante para el sistema minero.				El aumento de la posibilidad de accidentes causados por crecientes súbitas de los ríos y su posible impacto sobre las relaciones con comunidades vecinas es poco probable, por que se trata de una amenaza secundaria para este componente, lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero lo transforma en un Riesgo bajo
Controlar/Reducir	Evitar	Evitar				Aceptar
La posibilidad de este efecto directo sobre el componente almacenamiento sugiere una mediana posibilidad de afectación al componente cadena de suministro vía mayores costos en el acceso a agua potable y con un potencial de daño bajo por lo que constituye un riesgo una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero lo transforma en un Riesgo bajo	La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere posibilidades medianas de afectaciones en el desempeño de la fuerza laboral, lo que tiene un potencial medio de dañar al componente de recursos humanos constituyendo un síntesis una amenaza relevante para el sistema minero.	La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere una mediana posibilidad de incrementar las posibles reducciones en la producción para reducir la emisión de material particulado según exigencias de las autoridades ambientales que se pudiera producir un fenómeno de secado lo que tiene un potencial medio de dañar al componente extractivo constituyendo en síntesis una amenaza relevante para el sistema minero.				Lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero lo transforma en un Riesgo bajo
Controlar/Reducir	Evitar	Evitar				Aceptar
La posibilidad de este efecto directo sobre el componente es enorme sugiere una baja posibilidad de afectación al componente cadena de suministro por restricciones en el acceso de suministros por daños en las vías y con un potencial de daño bajo por lo que constituye un síntesis una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero lo transforma en un Riesgo bajo	La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere posibilidades medianas de afectaciones en el desempeño de la fuerza laboral, lo que tiene un potencial medio de dañar al componente de recursos humanos constituyendo un síntesis una amenaza relevante para el sistema minero.	La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere una mediana posibilidad de incrementar las posibles reducciones en la producción para reducir la emisión de material particulado según exigencias de las autoridades ambientales que se pudiera producir un fenómeno de secado lo que tiene un potencial medio de dañar al componente extractivo constituyendo en síntesis una amenaza relevante para el sistema minero.				La posibilidad de aumento de enfermedades por causa del aumento de olas de calor, constituye una amenaza relevante para el componente de recursos humanos, por lo que la amenaza de que esto ocasiona problemas con las comunidades es también secundaria. Lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero lo transforma en un Riesgo bajo
Controlar/Reducir	Evitar	Evitar				Aceptar
La posibilidad de este efecto directo sobre el componente es enorme sugiere una baja posibilidad de afectación al componente cadena de suministro por restricciones en el acceso de suministros por daños en las vías y con un potencial de daño bajo por lo que constituye un síntesis una amenaza secundaria para el sistema minero. Lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero lo transforma en un Riesgo bajo	La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere posibilidades medianas de afectaciones en el desempeño de la fuerza laboral, lo que tiene un potencial medio de dañar al componente de recursos humanos constituyendo un síntesis una amenaza relevante para el sistema minero.	La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere una mediana posibilidad de incrementar las posibles reducciones en la producción para reducir la emisión de material particulado según exigencias de las autoridades ambientales que se pudiera producir un fenómeno de secado lo que tiene un potencial medio de dañar al componente extractivo constituyendo en síntesis una amenaza relevante para el sistema minero.				La amenaza directa sobre el componente extractivo es grave, lo que podría llevar a la reducción de la producción y afectar indirectamente este componente a través de aumento de desempleo o disminución de regalías, lo que constituye una amenaza relevante para este componente. Lo que teniendo en cuenta la vulnerabilidad del sistema minero lo transforma en un Riesgo alto.
Controlar/Reducir	Evitar	Evitar				Transferir

Fuente: ACON miembro del grupo INERCO, 2015

PARTE III: LAS AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO AL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE CARBÓN DEL ÁREA DE UBATÉ; CASO PILOTO

INTRODUCCIÓN PARTE III

El propósito de esta parte del documento es presentar la aplicación de la metodología expuesta en los capítulos anteriores para identificar los factores de vulnerabilidad de la minería al cambio y la variabilidad climática en un caso específico, el de la minería de carbón en el área de Ubaté.

En el primer capítulo de esta parte se recoge una caracterización sistemática, en primer lugar, del sistema minero que es la unidad de análisis del estudio de vulnerabilidad en este caso, el de la explotación subterránea de carbón en el área de Ubaté, que presenta unos rasgos comunes que hacen que pueda considerarse una entidad relativamente homogénea desde una perspectiva productiva.

A continuación se lleva a cabo una caracterización de un conjunto de sistemas naturales del área, clima, hidrología, geotecnia, que permiten aportar información sobre la propensión del área a sufrir los sub eventos derivados del cambio y la variabilidad climática pertinentes para el análisis de vulnerabilidad de la minería. De igual forma se lleva a cabo una caracterización del comportamiento histórico del área de análisis frente a los eventos derivados de la variabilidad climática reciente, que contribuyen de la misma forma a entender la propensión del área frente a estos eventos.

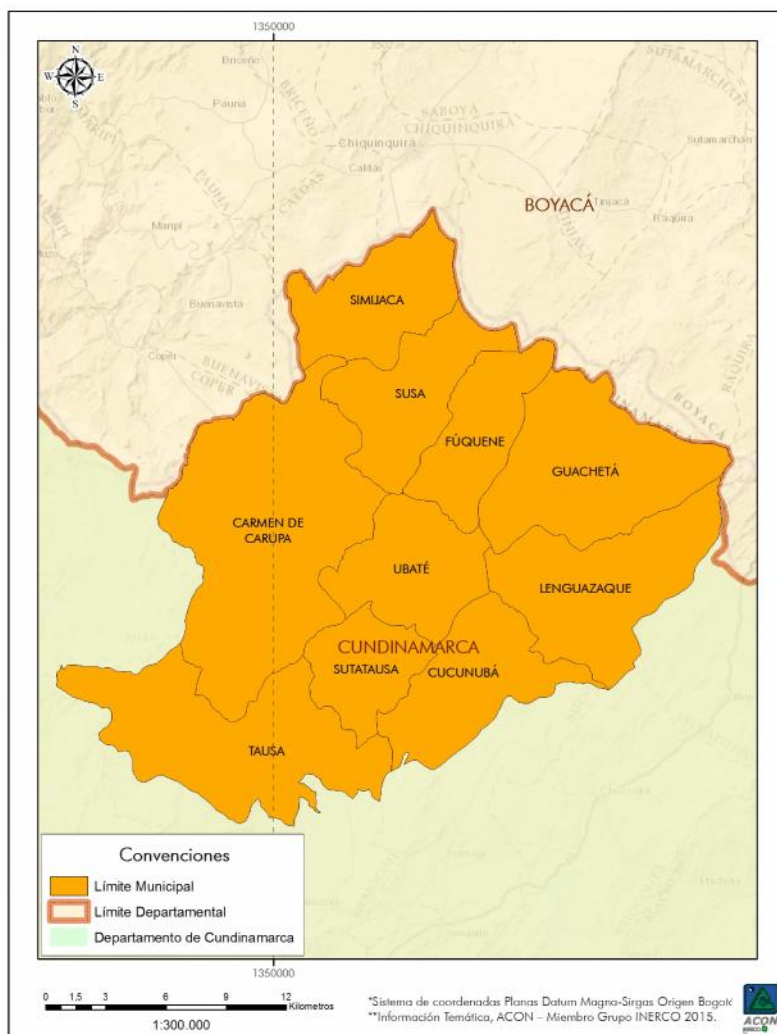
Cierra el capítulo de caracterización una descripción sintética pero amplia de las condiciones socioeconómicas del área de estudio.

En el capítulo siguiente se lleva a cabo el propio análisis de vulnerabilidad de acuerdo con la metodología planteada utilizando como herramienta operativa las matrices antes descritas. El proceso se inicia con una detallada explicación de las proyecciones de temperatura y precipitación para el área derivadas de las comunicaciones nacionales, así como de estudios regionales disponibles, si es el caso, para luego pasar al relleno de las matrices, actividad que resulta de un trabajo colectivo del grupo de expertos que han realizado el estudio, y que ha sido nutrido de forma relevante por las visitas de campo que constituyen un elemento metodológico importante. Como colofón, entonces se presentan las amenazas derivadas del cambio y la variabilidad climática identificadas para el sistema minero en cuestión, valoradas según su gravedad.

9. EL ÁREA DE ANÁLISIS

La Provincia de Ubaté se encuentra localizada al norte del departamento de Cundinamarca, limita por el norte y oriente con el departamento de Boyacá, por el sur con las provincias de Almeidas y Sabana Centro, por el occidente con la provincia de Rionegro. Tiene una extensión territorial de 1.408 km², el 6,2% del área total del departamento, lo que le permite ubicarse como la séptima provincia en cuanto a tamaño en Cundinamarca. Su jurisdicción comprende los municipios de Carmen de Carupa, Cucunubá, Fúquene, Guachetá, Lenguazaque, Simijaca, Susa, Sutatausa, Tausa y Ubaté (Cabecera Provincial) (Ver Figura 9-1).

Figura 9-1 Provincia de Ubaté



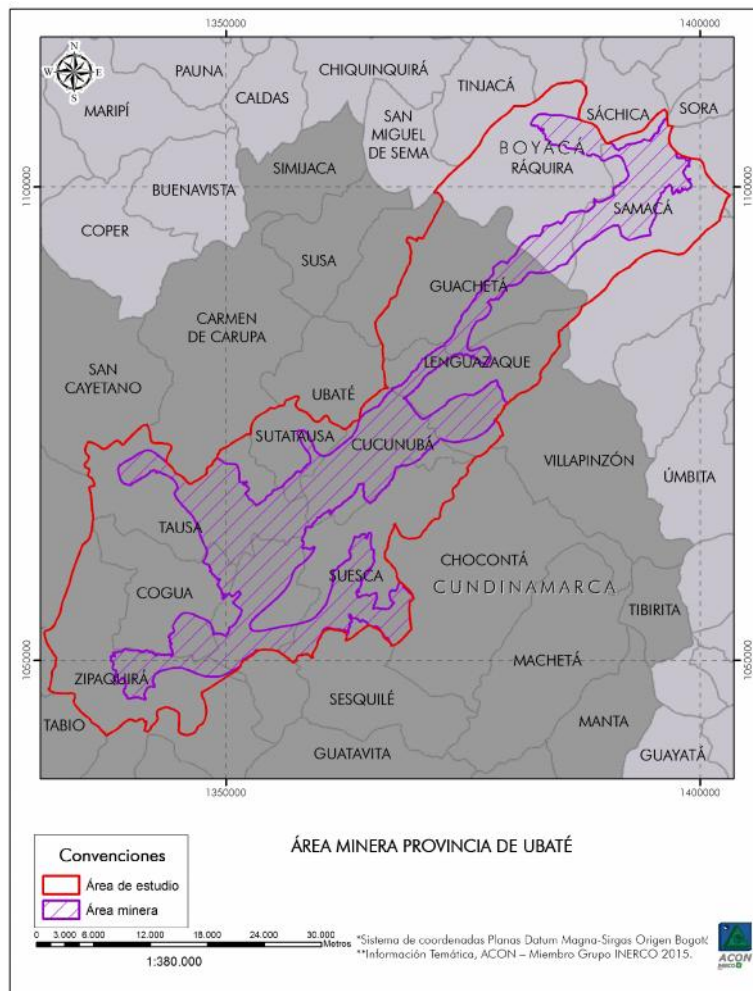
Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

10. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES NATURALES, SOCIOECONÓMICAS Y DEL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE CARBÓN DEL ÁREA DE UBATÉ

10.1 Caracterización del sistema minero del área de Ubaté

La región conformada por los municipios de Zipaquirá, Cogua, Tausa, Nemocón, Sutatausa, Suesca, Cucunubá, Ubaté, Lenguazaque, Guachetá, Ráquira y Samacá, ha sido reconocida como el distrito minero Zipa – Samacá por UPME & Muñoz (2007) y Contraloría de Cundinamarca & CAR (2010, pág. 203) debido a la explotación activa de carbón, materiales de construcción, sal y caliza (Figura 10-1).

Figura 10-1 Área minera provincia de Ubaté



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

La producción en la región tuvo sus inicios durante la colonia cuando Cucunubá abastecía de carbón a Bogotá. En el siglo XIX la purificación de la sal de Zipaquirá comenzó a consumir carbón térmico al tiempo que una nascente industria siderúrgica, que en el siglo siguiente sería jalonada por la construcción ferroviaria, lo hacía con carbón metalúrgico de Samacá y posteriormente de Zipaquirá, Nemocón, Sesquilé y Tausa (UPME & Muñoz, 2007). En los años veinte comenzó la constitución de empresas carboneras en Lenguazaque y Guachetá donde los campesinos locales se capacitaron para más tarde abrir sus propias minas (Amortegui & Carvajal, 2006). Los siguientes consumidores importantes fueron Acerías Paz de Río fundada en 1954 y la primera unidad de Termopaipa que entró en operación en 1961. Actualmente, este distrito es el principal productor nacional de carbón metalúrgico y coque.

La producción carbonera se realiza por vía subterránea variando desde la extracción manual que caracteriza la minería artesanal hasta mediana minería con procesos tecnificados de transformación en la producción de coque para la industria siderúrgica internacional.

Aunque existen empresas con operaciones sólidas en el distrito, también hay un número importante de explotaciones de menor rango ejecutadas en condiciones de falta de información y poca capacidad técnica, con persistencia de prácticas ancestrales que en muchos casos representa riesgos a la salud de los mineros y al medio ambiente.

De las 599 explotaciones de carbón registradas legalmente en el departamento de Cundinamarca en 2010, el 85% (509) están localizadas en los municipios de Lenguazaque, Cucunubá, Guachetá, Sutatausa y Tausa. El 88% se trabajan manualmente y el 12% restante es semimecanizada (SME, 2010).

Las características que más se resaltan en la literatura sobre la producción carbonera de esta región son: carbones de excelente calidad y abundancia con potencial económico debido a su fácil aprovechamiento, alta generación de empleo de bajos ingresos para personal con bajos niveles de escolaridad, con procesos empresariales débiles en las áreas administrativas, económicas, ambientales, técnicas y laborales, baja productividad y competitividad, una desarticulación entre las autoridades mineras y ambientales competentes y bajo recaudo de regalías (SME, 2010).

La descripción de los diferentes componentes se realizó con información primaria y secundaria.

10.1.1 Componente administrativo

El distrito cuenta con empresas consolidadas de larga tradición que cuentan con excelentes sistemas administrativos y fortaleza financiera. No obstante, hay una presencia numerosa de unidades productivas artesanales y de pequeña escala que muestran debilidades en los aspectos administrativos como planificación y procesos informados de toma de decisiones, distribución de

tareas por competencias, objetivos y metas definidas, entre otros.

En general, las condiciones administrativas de las múltiples unidades extractivas informales artesanales y de pequeña escala está caracterizada como carente de seguridad e higiene industrial, con muy bajo desarrollo tecnológico, abundantes conflictos sociales y legales, productos de baja calidad (UPME & Muñoz, 2007, pág. 50).

Sin embargo, las empresas carboneras sólidas presentes cuentan con sistemas de planificación que las ha llevado a sistematizar sus operaciones, capacitar al personal y cumplir con las normas de seguridad e higiene minera.

10.1.2 Componente recurso humano

Según la Secretaría de Minas de la Gobernación de Cundinamarca (SME, 2010) el nivel de escolaridad del grueso de la fuerza laboral minera no supera la primaria y su remuneración está en función de su producción a destajo por lo que no en todos los casos cuenta con seguridad social.

El control diario al contenido de gases en los frentes de trabajo no es una práctica frecuente e incluso en muchos casos no se cuenta con los equipos de detección. Los elementos de protección personal no son bien recibidos por los mineros quienes argumentan que resultan incómodos para desarrollar sus labores.

La resistencia al uso de mascarillas de protección en condiciones secas incrementa la producción de partículas de polvo cuya inhalación por períodos superiores a 10 años es la causante de la llamada neumoconiosis de los mineros de carbón o enfermedad del pulmón negro (González, No. et al., 2009). Estos autores resaltan que la exposición a polvos, humo y gases durante las jornadas laborales se ha relacionado con bronquitis crónica y disminución de la función pulmonar por efecto de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

10.1.3 Componente de la cadena de suministros

En el municipio de Ubaté se ha desarrollado un centro de venta de servicios primarios a la minería entre los que se encuentran estaciones de servicio, cooperativas mineras, ferreterías y distribuidores especializados, donde los mineros pueden conseguir la herramienta básica. Sin embargo, para servicios profesionales, técnicos y tecnológicos más especializados deben recurrir a Bogotá y Tunja.

10.1.4 Componente extractivo

La minería carbonera del distrito es subterránea con condiciones similares en la mayoría de unidades productivas donde para el entibado se emplea madera de eucalipto, la ventilación es natural con un solo desfogue, las obras de drenaje son escasas y se realizan bombeos a superficie en algunos casos, la iluminación es con las lámparas de los cascos (UPME & Muñoz, 2007).

Las unidades productivas con mayor nivel de desarrollo utilizan fortificaciones metálicas, ventilación asistida y sistemas de transporte interno modernos (trenes y monorraíles).

10.1.5 Componente de almacenamiento temporal

Los centros de acopio y los botaderos de estériles se realizan a la intemperie. En los primeros se presta el servicio de almacenamiento, clasificación según los mantos productores y cargue del material. En los botaderos se acumulan materiales estériles que no tienen ninguna utilidad.

10.1.6 Componente transporte y comercialización

El transporte entre la mina y los centros de acopio se hace por vías terciarias en volquetas y camiones de baja capacidad debido a las limitaciones de estas carreteras haciendo que los tiempos de viaje sean altos y los fletes costosos en exceso.

La distribución se realiza mediante compradores locales que adquieren el carbón directamente de los mineros para venderlo en los sitios de consumo de la región como plantas coquizadoras y ladrilleras, compradores nacionales que reciben el material en centros de acopio para despacharlo a otras ciudades y los exportadores internacionales.

Los envíos hacia los centros de consumo o los puertos se hacen con tracto mulas de 32 toneladas que cuentan con las vías Bogotá - Santa Marta o Bogotá – Buenaventura para llegar a puerto. Cualquier interrupción en estas vías exige largos y costosos desvíos que encarecen los fletes como ha ocurrido en el pasado.

En Samacá existe una cooperativa transportadora que ofrece el servicio de envíos a centros de consumo y puertos.

10.1.7 Componente de beneficio y transformación

Beneficio. Los carbones son clasificados según las características físico químicas de los mantos productores y, posteriormente, pueden someterse al lavado hidráulico o mecánico con el fin de reducir los contenidos de cenizas y azufre con lo que se agrega valor al reducir los impactos

ambientales durante su combustión.

Transformación. El estimado de número de hornos de coquización en el distrito es de 3.473 distribuidos así: Samacá (1672), Guachetá (467), Cucunubá (404), Tausa (374), Lenguazaque (205), Sutatausa (139), Nemocón (137), Zipaquirá (60) y Cogua (15). Debido a la falta de procesos estandarizados no es posible ofrecer calidades homogéneas de coque con lo cual su venta queda restringida al mercado local (UPME & Muñoz, 2007, pág. 58).

10.1.8 Entorno de las unidades de producción

Debido a la diversidad geomorfológica, litológica y pedológica del distrito, las respuestas del entorno a los fenómenos asociados al cambio climático serán muy variadas. Como es de esperarse la propensión a los deslizamientos y la erosión será mayor en aquellas regiones donde confluyen pendientes de moderadamente escarpadas a muy escarpadas con litologías sedimentarias y suelos arenosos.

El Plan de ordenamiento de la cuenca de los ríos Ubaté y Suárez (CAR, 2006) hace una evaluación del entorno del distrito minero de la provincia de Ubaté donde resalta los conflictos entre las diferentes actividades rurales y las comunidades generados alrededor del déficit hídrico recurrente en los meses de enero, febrero, agosto y septiembre cuando ocurren los períodos secos.

El mismo documento describe la tendencia a la inundación en períodos invernales del fondo del valle debido a drenajes ineficientes que además reciben excesivos aportes de sedimentos provenientes de los flancos escarpados del valle conformados por materiales erodables y malas prácticas agropecuarias que originan procesos erosivos profundos y flujos de tierra y lodos.

De acuerdo con la CAR la deforestación y las explotaciones agropecuarias agresivas han eliminado la cobertura vegetal facilitando la erosión y el arrastre del suelo fértil hacia el piedemonte, los valles, los cauces y los cuerpos de agua (CAR, 2006, pág. 277).

Adicionalmente, la falta de coerción de la comunidad para enfrentar procesos de desarrollo provincial reportada por UPME & Muñoz (2007) es una debilidad de la región para soportar los fenómenos asociados al cambio climático.

Sumado al déficit hídrico de la región, se ha reportado la contaminación de los afluentes del río Ubaté desde sus cabeceras con agroquímicos, sedimentos por malas prácticas agropecuarias, minería y vertimientos de residuos. Todo lo anterior ha contribuido en la reducción de caudales y su capacidad de regulación hídrica.

Se considera que la provincia de Ubaté está entre las cuatro con mayor incremento de demanda hídrica proyectada por la CAR al 2020 en el departamento de Cundinamarca (Villegas, 2014,

pág. 120). De 15 subcuencas de tercer orden analizadas en la cuenca del río Suárez, ocho presentan déficit hídrico y de estas cuatro están en el distrito minero Zipa – Samacá (Ubaté, Ráquira, Cucunubá y Lenguazaque), mientras que el río Sutatusa estuvo cerca de balance cero, es decir, cerca de entrar en déficit (CAR, 2006, pág. 65).

10.1.9 Vulnerabilidad del sistema minero ante eventos climáticos

Los departamentos con mayor accidentalidad minera histórica son Boyacá, que en 2013 representó el 29% de las emergencias mineras, y Cundinamarca, con 20% en 2013 (ANM, Informe de gestión 2013, 2013, pág. 18). Esas cifras indican una alta vulnerabilidad que, al igual que el distrito del Bajo Cauca antioqueño, obedece a la gran cantidad de unidades productivas de subsistencia y de pequeña escala.

El distrito minero cuenta predominantemente con actividades mineras de subsistencia y pequeña escala, sólo unas pocas empresas de capital privado pueden considerarse dentro de la categoría de mediana minería según la clasificación propuesta en el capítulo de vulnerabilidad (Milpa, Coquecol, Carbocoal y Carbones Andinos entre otros).

De acuerdo con la revisión bibliográfica y el trabajo de campo se encontraron diferentes aspectos que impactan la vulnerabilidad del sistema, bien sea por sensibilidad o por capacidad de adaptación.

- Agradación de cauces por baja capacidad hidráulica y altos aportes de sedimentos.
- Alto grado de dependencia de los recursos estatales para implementar soluciones.
- Ausencia de planificación a mediano y largo plazo.
- Ausencia de protección en las áreas de disposición de estériles.
- Ausencia de protocolos de seguridad para el transporte del material minero.
- Baja capacidad para salvaguardar la salud de la fuerza laboral.
- Balances hídricos negativos en las principales subcuencas de la región.
- Débiles soportes empresariales.
- Deficiente infraestructura tecnológica.
- Déficit hídrico recurrente en enero, febrero, agosto y septiembre.
- Dependencia de las fuentes naturales susceptibles de contaminación durante la emergencia para obtener agua potable.
- Dependencia hídrica en el proceso de lavado de carbón y producción de coque.

- Desconocimiento de las herramientas administrativas (manejo empresarial informal).
- Disponibilidad muy limitada de equipos de mantenimiento y reparación
- Emisión de material particulado a la atmósfera.
- Exposición a polvo de carbón dentro de los socavones.
- Falta de coerción social para enfrentar procesos de desarrollo provincial.
- Falta de ejecución de los planes de manejo ambiental.
- Geomorfología propensa a la generación de procesos erosivos y de remoción en masa.
- Ineficiencia del transporte local de carbón.
- Inexistencia de alertas tempranas de situaciones peligrosas.
- Inexistencia de sistemas técnicos de drenaje y filtros en los patios de acopio.
- Infraestructura eléctrica deficiente.
- Ingresos económicos muy bajos de la población circundante a las áreas mineras.
- Inundaciones recurrentes en períodos de invierno.
- Muy bajo grado de conocimiento técnico de los fenómenos amenazantes Permeabilidad alta de los depósitos sedimentarios.
- Piscinas de sedimentación artesanales que serán excedidas ante cualquier incremento en la precipitación.
- Poca bancarización.
- Poca capacidad para disponer de recursos económicos durante la emergencia.
- Poca desarrollo de obras y actividades de mitigación sobre amenazas identificadas.
- Reducida disponibilidad local de mano de obra calificada.

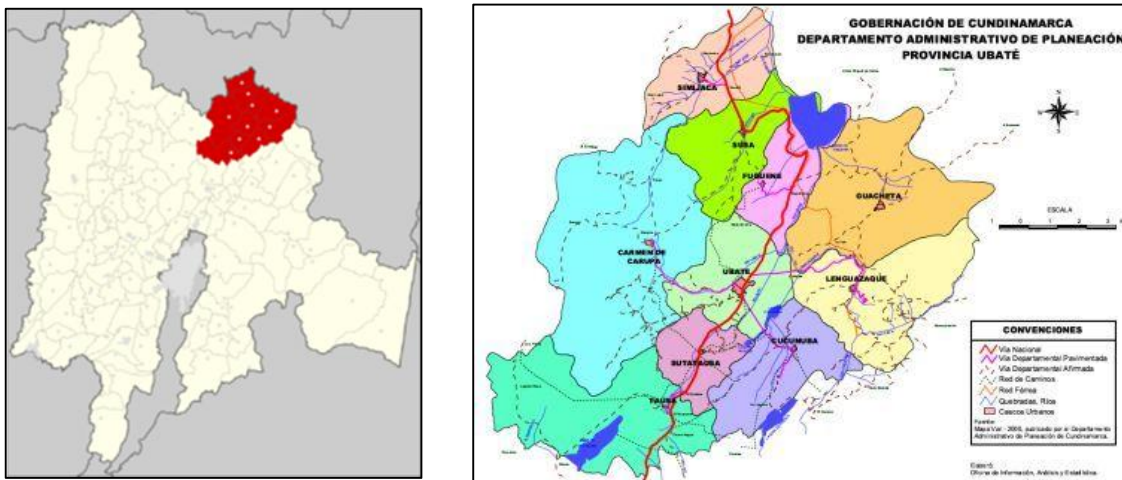
10.2 Caracterización Hidrológica y Climatológica del área de Ubaté

El presente capítulo, tiene como objetivo la caracterización climatológica de la provincia de Ubaté, presentar las proyecciones de acuerdo a las modelaciones de cambio climático del IDEAM y la introducción de las amenazas derivadas de ello. Para esto se ha acudido a la documentación disponible en las diferentes instituciones con jurisdicción en la zona, además de aquellas a nivel nacional con estudios o actividades en la región.

En el capítulo 1, se describe la localización geográfica de la zona de estudio, con su respectiva descripción climatológica e hidrográfica. El capítulo 2, se centra sobre las proyecciones del comportamiento del clima en el futuro (precipitación y temperatura), para ello, se han analizado las comunicaciones sobre cambio climático que ha efectuado el IDEAM y la gobernación de Cundinamarca.

La provincia de Ubaté se encuentra localizada al norte del departamento de Cundinamarca (Ver Figura 10-2), conformada por los municipios de Carmen de Carupa, Cucunubá, Fúquene, Guachetá, Lenguazaque, Simijaca, Susa, Sutatausa, Tausa y Ubaté. La zona tiene gran vocación lechera y minera, especialmente la relacionada con la explotación del carbón.

Figura 10-2 Ubicación y municipios Provincia Ubaté



Fuente: Gobernación de Cundinamarca, 2015.

10.2.1 Precipitación

Al igual que la región andina colombiana, la provincia de Ubaté presenta un comportamiento bimodal de la precipitación (aunque su clima es un poco más húmedo), presentando sus máximas precipitaciones durante los meses de abril y octubre, con mayores intensidades durante el segundo periodo y mínimo en el mes de enero.

En la zona montañosa del occidente de la zona lacustre, la precipitación anual supera los 1000 mm; en el resto de la provincia, los valores oscilan entre 800 mm en el área de Cucunubá y en el valle del río Ubaté y 1200 mm al norte de la laguna de Fúquene. En la cuenca del río Suarez la precipitación alcanza los 2400 mm exactamente en el sector de Saboyá.

En el valle Ubaté la precipitación aumenta de sur a norte, con precipitaciones totales anuales de 700 mm en la Laguna de Cucunubá hasta 1.500 mm en la parte baja de la cuenca del Río Suárez. La precipitación se concentra parcialmente en las áreas montañosas situadas en la parte alta de la cuenca del río Ubaté, con un valor de 1.300 mm.

10.2.2 Temperatura

La provincia de Ubaté, presenta una temperatura media entre 12.0 – 13.2 °C. Las temperaturas extremas, mínima y máxima registrada durante 1996 – 2005, son – 5°C en la y 30 °C, respectivamente.

La zona presenta importantes variaciones de temperatura durante el día, especialmente durante el periodo seco del comienzo del año, fenómeno de cielos despejados en el día lo cual origina bajas temperaturas en la madrugada hasta 0°C, lo cual ocasiona heladas. También se han registrado eventos de heladas durante junio y diciembre.

10.2.3 Humedad Relativa

La humedad en el área oscila entre 70 – 79%, su comportamiento estacional y temporal es semejante al de la temperatura, con variaciones del 6% en los promedios a lo largo del año. El comportamiento de la humedad relativa del área es de carácter bimodal, registrándose los máximos medios durante los meses de abril y noviembre, con valores cercanos al 78 %, los cuales corresponden a los meses más lluviosos, los valores mínimos medios se presentan en julio y septiembre, con valores del 67 %.

10.2.4 Velocidad del Viento

La más alta velocidad del viento se presenta entre junio y agosto. El promedio anual de velocidad del viento en la estación de Novilleros y Tolón es de 1.3 m/s y la velocidad de las estaciones Simijaca y Boquerón es 2.2 m/s y 3.4 m/s respectivamente. Los vientos prevalecientes son SE, experto los de la estaciones novilleros.

En general en ésta cuenca no se presentan vientos huracanados, aunque pueden darse ráfagas ciclónicas de origen orográfico-convectivo de corta duración y recorrido. La velocidad media anual del viento, es de 2.0 m/s.

Al igual que los parámetros antes analizados la velocidad del viento es de carácter bimodal, presentándose los valores máximos en los meses de junio, julio y agosto debido a la influencia de los vientos Alisios del Suroeste, con promedios de 2.5 m/s y máximos absolutos que llegan

hasta 2.6 m/s, mientras que las velocidades mínimas suceden durante los meses de noviembre, diciembre y abril, con 1.9 m/s, originadas por la posición más al sur de la zona de confluencia intertropical.

10.2.5 Evaporación

La evaporación en el área tiene poca variación durante el año. La evaporación media mensual está en el rango de 66.7 – 98.6 mm, siendo en promedio 81.2 mm. , unos 2.7 mm/día.

10.2.6 Radiación Solar

Al igual que la mayoría de los elementos climatológicos, el comportamiento de la radiación solar media anual está en directa relación con la altitud. El brillo solar alcanza unas 2053 horas anuales en promedio. Siendo mayor durante diciembre, enero y febrero con unas 584.4 horas en total y menor en abril, mayo y junio con unas 466.8 horas.

10.2.7 Hidrografía

La cuenca del Río Ubaté se extiende hasta a la desembocadura en la Laguna de Fúquene, regulado mediante el Embalse de El Hato y la operación de esclusas en el Río Ubaté, en la parte plana de la cuenca. En los periodos de intensa pluviosidad ocurren inundaciones en la zona plana del río Ubaté, debido, principalmente, al lento drenaje en razón de la baja pendiente, y los niveles altos, tanto freático como los de las aguas de la laguna de Fúquene.

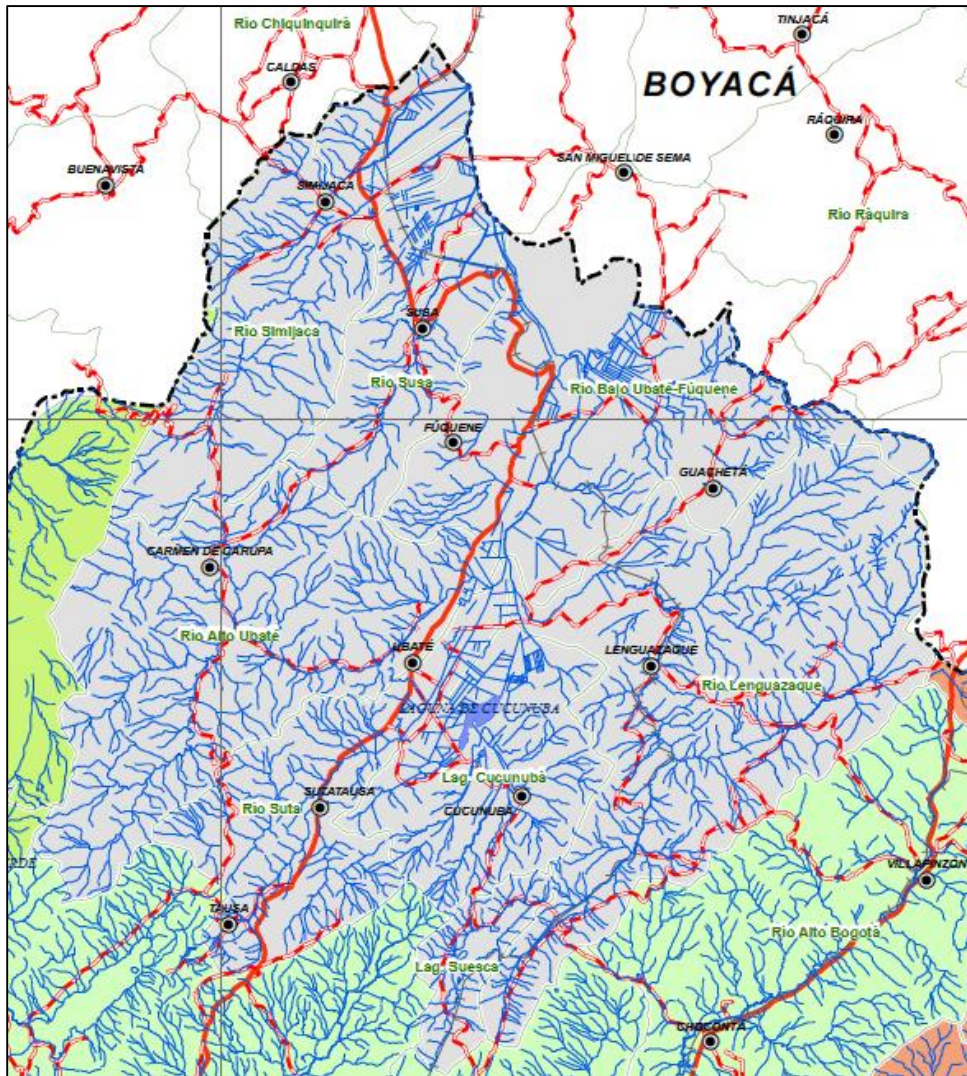
La Cuenca de los ríos Ubaté y Suárez tienen una superficie de 196.910 ha. El río Ubaté nace en el municipio de Carmen de Carupa, por la confluencia de los ríos Hato y La Playa y sus principales afluentes son los ríos Suta y Lenguazaque y alcanza un área de drenaje de 778 km², es el principal afluente de la laguna de Fúquene el eje de recolección de aguas en el valle.

En la parte alta de la cuenca, el valle de Ubaté esta drenado por los ríos Ubaté, Susa, Cucunubá y Lenguazaque. El río Ubaté nace en la cuchilla Peña Vidriado (Municipio de Carmen de Carupa) a 3700 msnm se compone de dos grandes afluentes el río el Hato y el Río La Playa. El Río drena 225 km².

El Río Suta que descarga, en el río Ubaté a 5km abajo de la población de Ubaté. Al este de la cuenca del río Suta se encuentra la cuenca de la laguna de Cucunubá con un área de 92 km², la cuenca de la Laguna de Cucunubá está drenada por el Canal de Cucunubá en el extremo bajo del Río Lenguazaque. El Río Lenguazaque que nace en la confluencia del Río Tibita y la quebrada Ovejeras tiene un área de 293km² se une al Río Ubaté aguas arriba de la compuerta

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9 del Cubio.

Figura 10-3 Red Hídrica Provincia Ubaté (Cuenca río Suárez)



Fuente: Gobernación de Cundinamarca, 2015.

Después de la confluencia de estos ríos y el canal Sicamocho, el agua fluye hacia la parte baja del Río Ubaté en una distancia de 10 Km. para luego entrar a la Laguna de Fúquene. Ningún área adicional descarga al Río Ubaté puesto que estos 10 Km de distancia del río y las áreas planas del mismo drenan directamente sobre la laguna de Fúquene, luego el río Ubaté drena un área total de 722 km, conjuntamente con sus tributarios.

En la parte media de la cuenca, en el centro del valle, se sitúa la laguna de Fúquene con una sobre el nivel del mar de 2537.72 metros, cubriendo una superficie de 3205.3 ha. A la salida del a laguna, se encuentra el río Suárez. El nivel de agua lo controla la compuerta de Tolón, situada a 18 Km, aguas abajo del nacimiento. La laguna recoge las aguas de la cuenca de Ubaté y de Fúquene (270 km²), adicionalmente a las cuencas de los ríos Ubaté alto, Suta, Cucunubá y lenguazaque. El área de drenaje total es 993 km².

Los ríos y quebradas principales de la cuenca de Ubaté y Fúquene son Honda, Tagua, Miña, Monroy, Sosiego. Los tres ríos anteriores y las quebradas entran independientemente a la laguna desde el oriente, mientras que el río Fúquene descarga en la laguna desde el occidente. Parte Baja de la Cuenca, no hace parte de la zona minera.

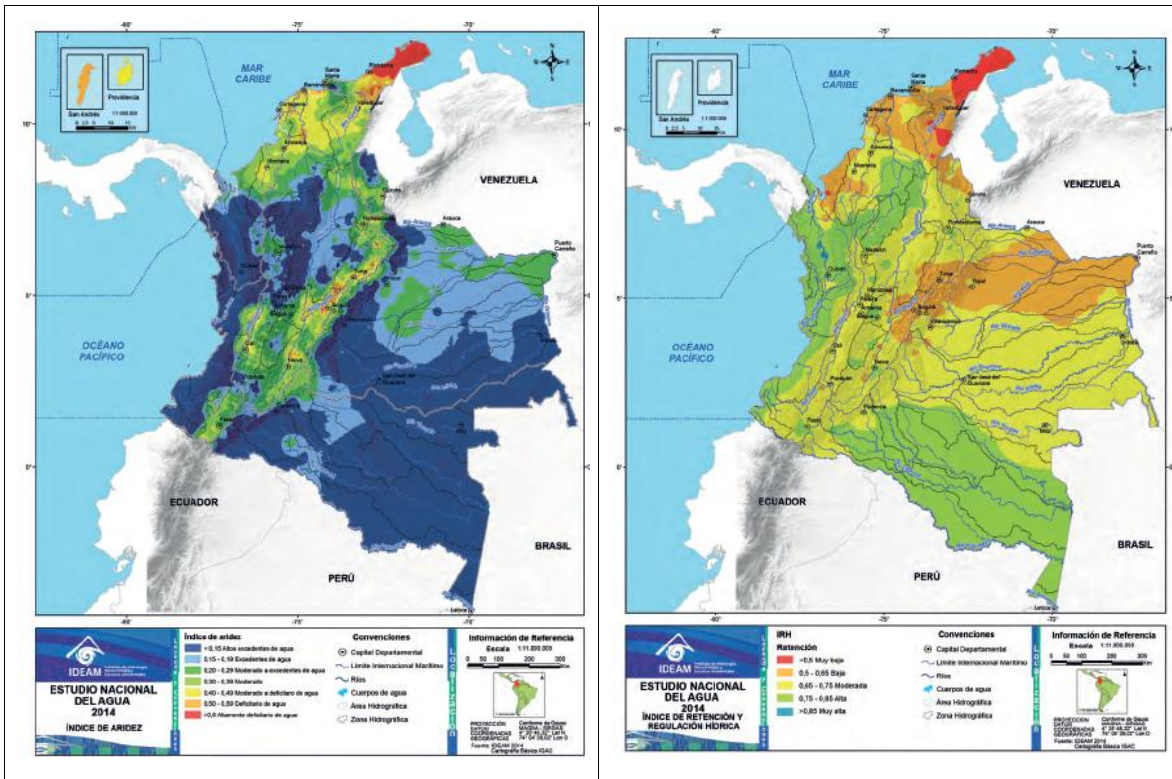
10.2.8 Estudio Nacional del Agua 2014

En el Estudio Nacional del Agua realizado por el IDEAM en 2014, se evalúan las condiciones de oferta y demanda hídrica de las poblaciones a nivel nacional. Para las poblaciones de la provincia de Ubaté se señalan condiciones entre medias y bajas, lo cual indica que durante los periodos secos el abastecimiento del recurso se podría ver en riesgo, a pesar de que en las curvas de duración de caudales calculadas en el POMCA de los ríos Suarez y Ubaté, estos no presentan periodos completamente secos.

El índice de aridez, muestra los grados de excedencia o déficit de agua en una región. A nivel nacional se cuenta con una condición media el 43%. Para la zona de la provincia de Ubaté, se presentan condiciones entre moderadas y deficitarias, al igual que de baja retención y regulación hídrica. (Ver Figura 10-4).

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 10-4 Índice de Aridez e Índice de retención y regulación hídrica



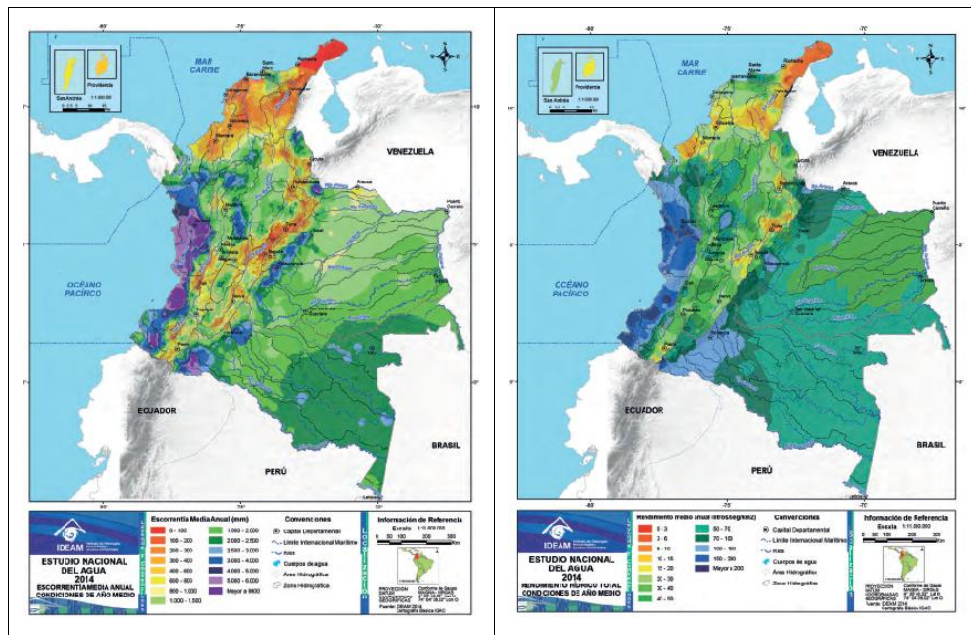
Fuente: ENA, 2014.

Con respecto a la escorrentía y rendimientos hídricos el área de estudio, esta se encuentra por debajo de la media nacional, con valores para año medio de 300 mm de escorrentía y de 20 - 30 l/s/km² (Ver Figura 10-5). Las condiciones de oferta hídrica para año seco se ven reducidas casi a la mitad con valores de 100 mm y 10 l/s/km², para escorrentía y rendimientos hídricos (Figura 10-6). Por otra parte, en condiciones de año húmedo se presentan valores de escorrentía cercanos a los 1500 mm, mientras que los rendimientos hídricos de la zona se presentan valores cercanos a los 100 l/s/km² (Figura 10-7).

Adicionalmente el ENA (2014), presenta un mapa de amenaza ante inundaciones para diferentes periodos de retorno (TR 2,33 años y 20 años), mostrando a la provincia de Ubaté con leve vulnerabilidad ante las inundaciones (Ver Figura 10-8).

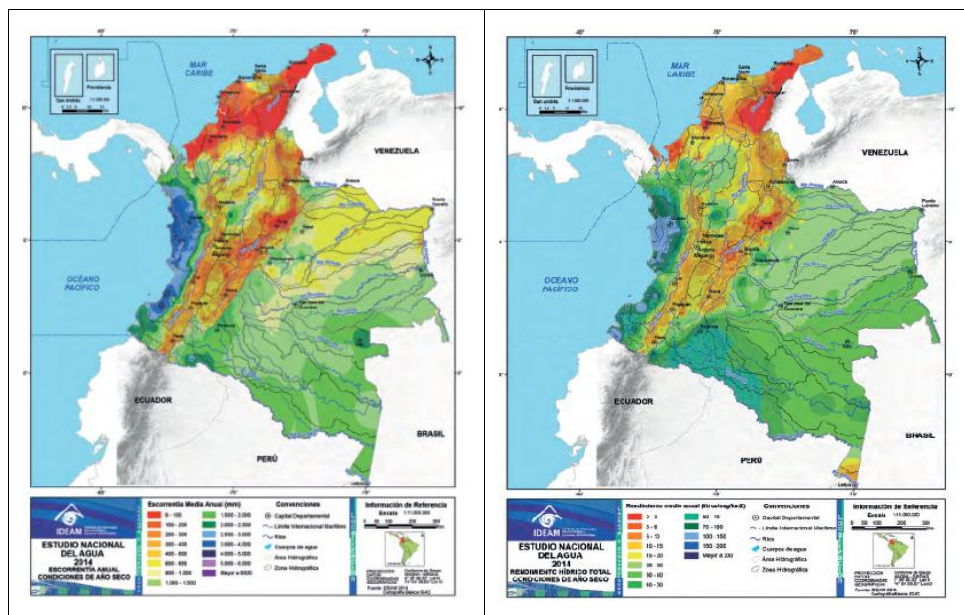
Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 10-5 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año medio



Fuente: ENA, 2014.

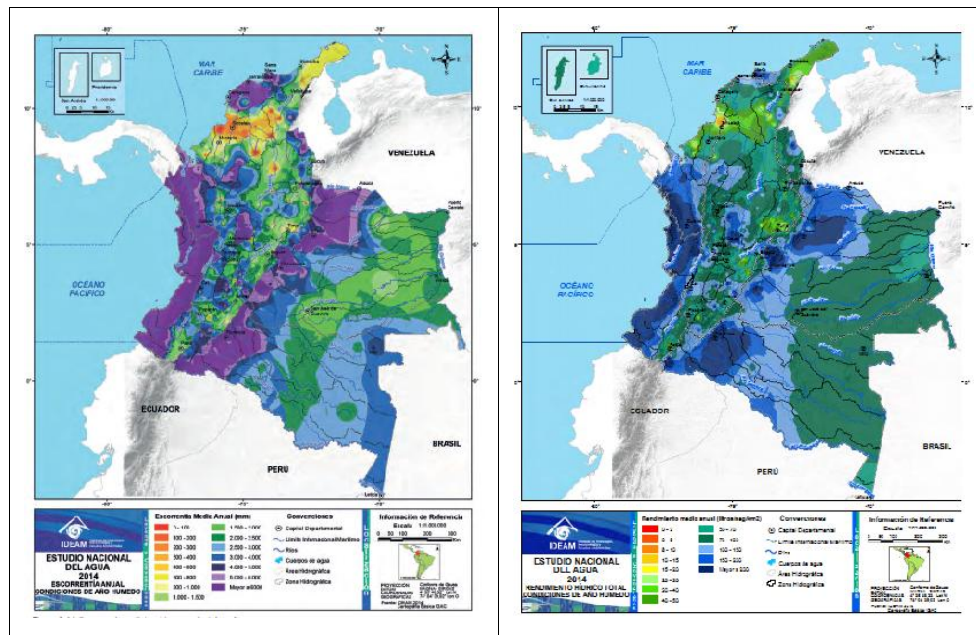
Figura 10-6 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año seco



Fuente: ENA, 2014.

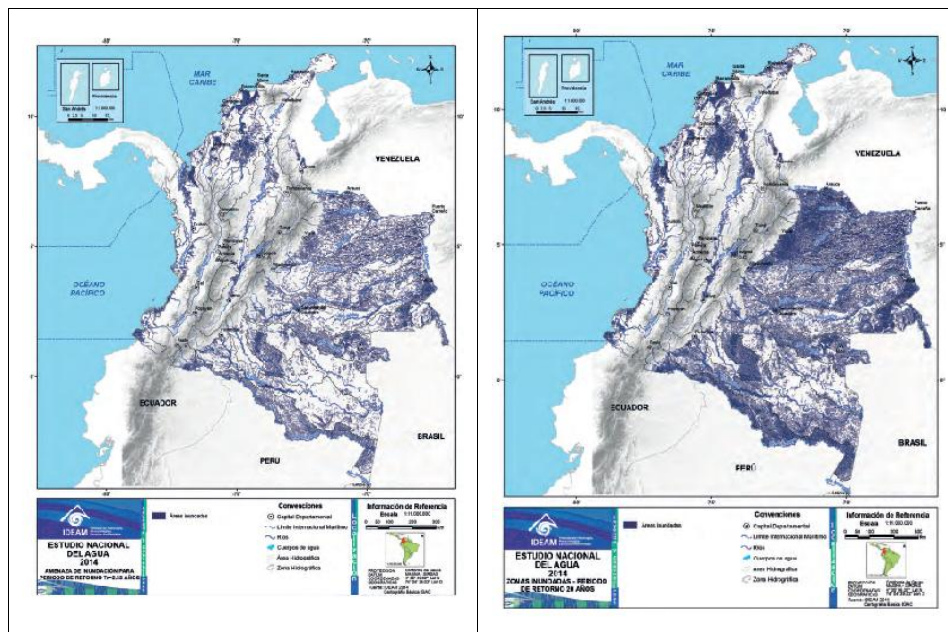
Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 10-7 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año húmedo



Fuente: ENA, 2014.

Figura 10-8 Amenaza ante inundaciones para diferentes periodos de retorno



Fuente: ENA, 2014.

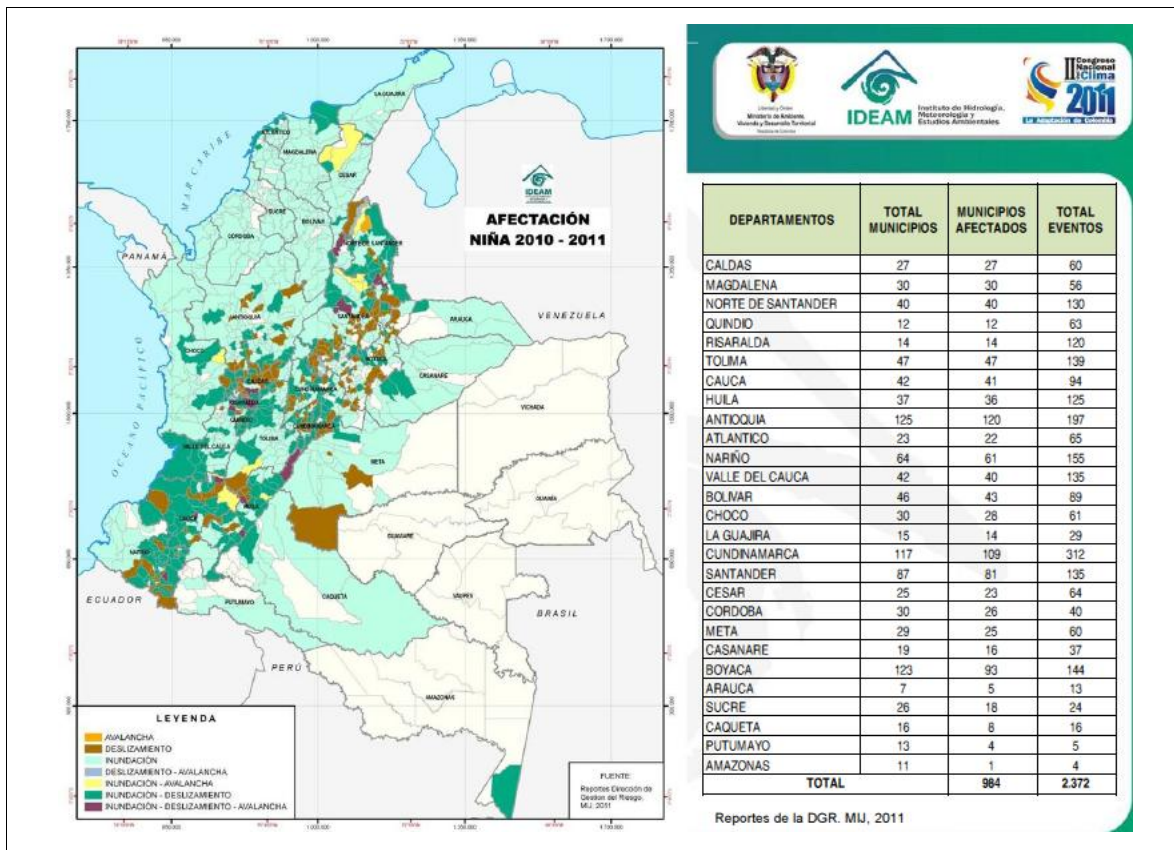
Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

10.2.9 Comportamiento de durante eventos climatológicos extremos (condición El Niño – condición La Niña)

Para conocer el estado de vulnerabilidad de la provincia de Ubaté ante eventos extremos (Condiciones Niño y Niña), se ha acudido a la información disponible en las instituciones del Estado que tratan de inventariar fenómenos como inundaciones, remociones en masa e incendios forestales principalmente.

El IDEAM a nivel nacional elaboró un reporte de los eventos presentados durante el periodo Niña 2010-2011, en donde se puede observar que Cundinamarca es uno de los departamentos más afectados. La zona de Ubaté presenta eventos tanto de inundación como remoción en masa (Ver Figura 10-9).

Figura 10-9 Inventario Inundaciones y Remoción en masa



Fuente: Presentación IDEAM II Congreso Nacional del Clima, 2015

Adicionalmente, la gobernación de Cundinamarca elaboró un consolidado de eventos de inundación y remoción en masa entre 2010 y 2013, señalando la provincia de Ubaté como ACON-Miembro Grupo INERCO

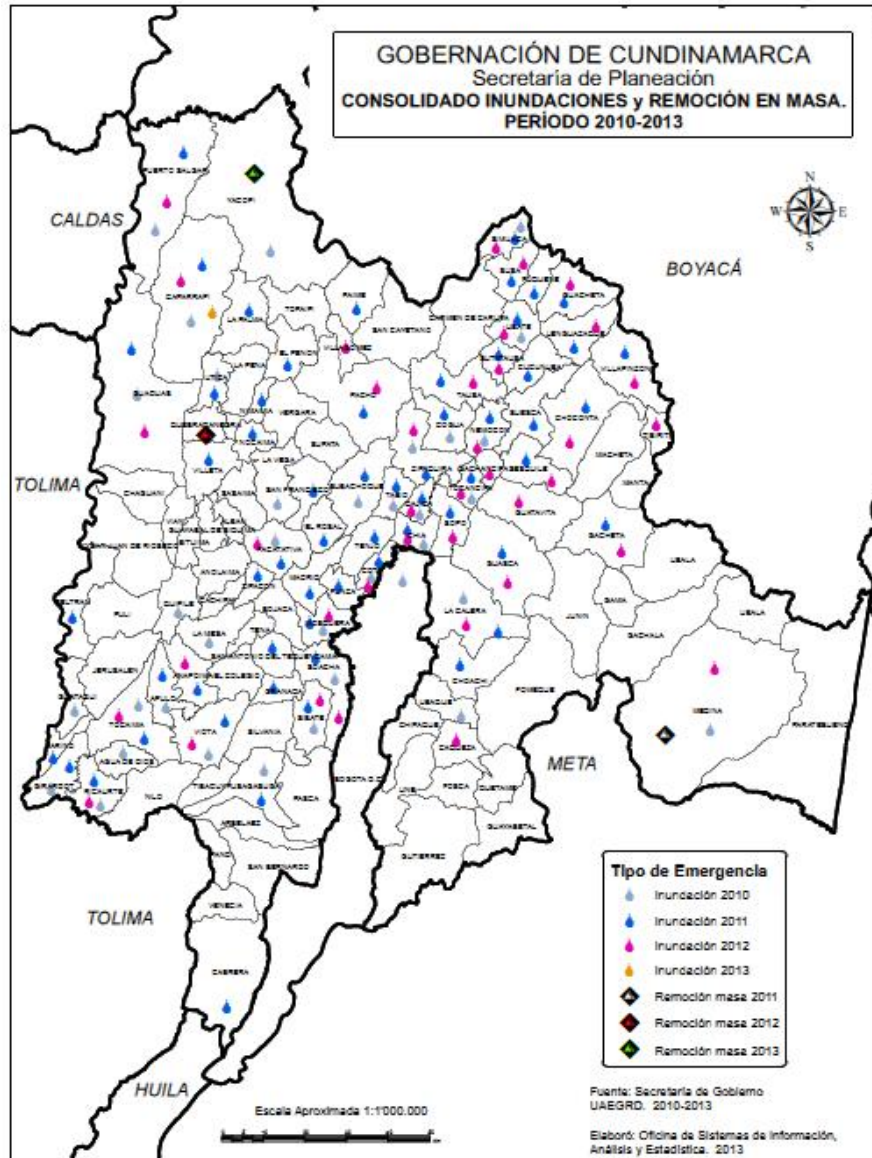
Unidad de Planeación Minero Energética-

0580-112-V.001-octubre/2015

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

afectada por inundaciones 2010, 2011 y 2012. Es importante destacar que este consolidado no registra eventos de remoción en masa.

Figura 10-10 Inventario Inundaciones y Remoción en masa



Fuente: Gobernación de Cundinamarca, 2015.

10.3 Caracterización geotécnica del área de Ubaté

El presente capítulo, tiene como objetivo la caracterización geotécnica de la provincia de Ubaté. Aquí se recopila la información disponible en las instituciones de orden nacional.

10.3.1 Geología

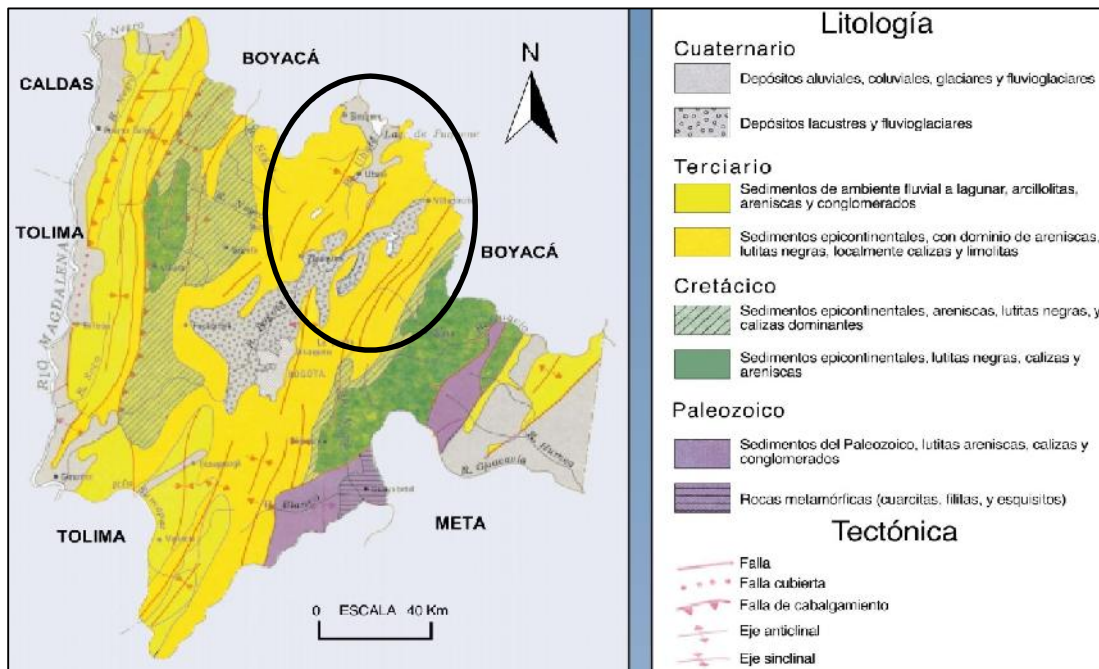
La provincia de Ubaté se caracteriza por la presencia de rocas del terciario donde predominan las areniscas, lutitas y arcillolitas. Además, hacia el sector norte se observan depósitos aluviales, coluviales y lacustres.

Estos depósitos dependiendo de la dirección de la estratificación son propensos a la generación de procesos morfodinámicos como, erosiones, caídas de bloques o deslizamientos. Estos procesos (remoción en masa y erosión) generan depósitos coluviales hacia la base de las laderas o en depresiones topográficas. Estos depósitos están compuestos por bloques y cantos de arenisca en matriz por lo general arcillosa y debido a su origen son potencialmente inestables.

La zona con bajas pendientes (valles) son de origen lacustre y en menor cantidad de origen fluvial. Se componen de arenas con restos de madera e intercalaciones de arcilla, trozos de carbón y arcilla con materia orgánica hacia superficie.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 10-11 Geología del departamento de Cundinamarca. Se demarca el sitio de interés.

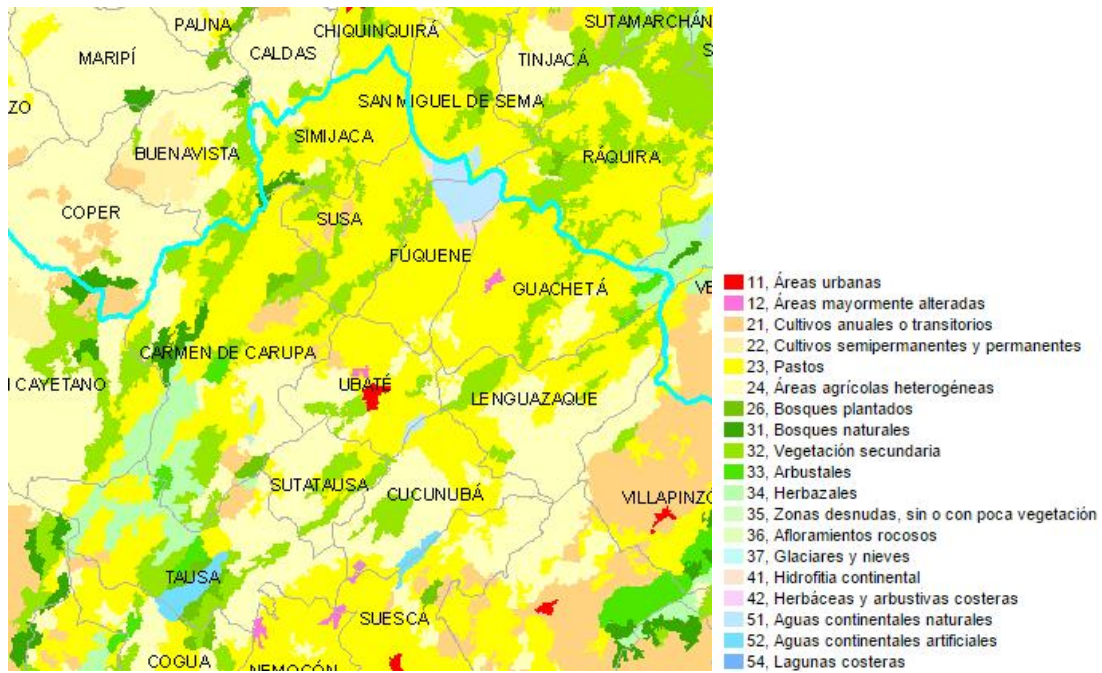


Fuente: Ingeominas

10.3.2 Cobertura del suelo

En la Figura 10-12 se muestra la cobertura del suelo en la provincia de Ubaté. La zona se caracteriza por estar cubierta en su mayoría por pastos, áreas agrícolas heterogéneas, cultivos, vegetación secundaria, zonas de arbustos y en menor medida de bosques.

Figura 10-12 Cobertura del suelo



Fuente: SIGOT

10.3.3 Zonificación sísmica

La provincia de Ubaté se cataloga como una zona sísmica intermedia con valor de Aceleración A_a de 0.2g.

Figura 10-13 Zonificación Sísmica



Fuente: SIGOT

10.3.4 Amenaza por remoción en masa

De acuerdo con la información publicada en el SIGOT la amenaza por remoción en masa en la zona posee dos calificaciones: Baja y muy alta.

La totalidad del municipio de Carmen de Carupa se encuentra en amenaza Muy Alta y los municipios de Susa, Fúquene, Ubaté, Sutatausa, Tausa y Simijaca poseen las dos calificaciones (Baja y Muy Alta). Los municipios de Cucunubá, Guachetá y Lenguaque se encuentran en categoría muy baja debido principalmente a las condiciones topográficas.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 10-14 Amenaza por remoción en masa



GRADO	CARACTERÍSTICAS	PROCESOS
MUY ALTA 	Asociada a formaciones de litología variada en la Provincia I y II del Occidente con rocas sedimentarias y coberturas coluviales. Estas formaciones están afectadas tectónicamente de manera apreciable y en consecuencia presentan gran fracturamiento y cizallamiento.	Alta concentración de deslizamientos y otros procesos.
ALTA 	Rocas sedimentarias y cristalinas muy cizalladas. Alto gradiente topográfico e intenso fracturamiento con presencia de milonitas en zonas de falla. Pertenecen a zonas de alto desarrollo e intervención antrópica un poco menor al de las zonas de categoría alta.	Alta recurrencia de movimientos en masa. En zonas de rocas metamórficas comunes deslizamientos y avenidas torrenciales.
MEDIA 	Zonas con relieve fuerte y condición débil inherente o adquirida de los materiales expuestos: suelos, saprolitos, rocas de dureza moderada o rocas duras muy fracturadas.	Deslizamientos y flujos de detritos. Intenso cárcavamiento asociado.
BAJA 	Rocas blandas o depósitos poco consolidados en regiones de relieve moderado. Comprende altiplanos y zonas cubiertas por depósitos aluviales.	Predominio de erosión concentrada y diferencial. Presencia de deslizamientos.
MUY BAJA 	Asociadas a áreas de paisajes llanos, con baja a nula pendiente, con depósitos recientes y precipitación variable.	Erosión diferencial y desprendimientos.

Fuente: SIGOT

10.3.5 Erosión

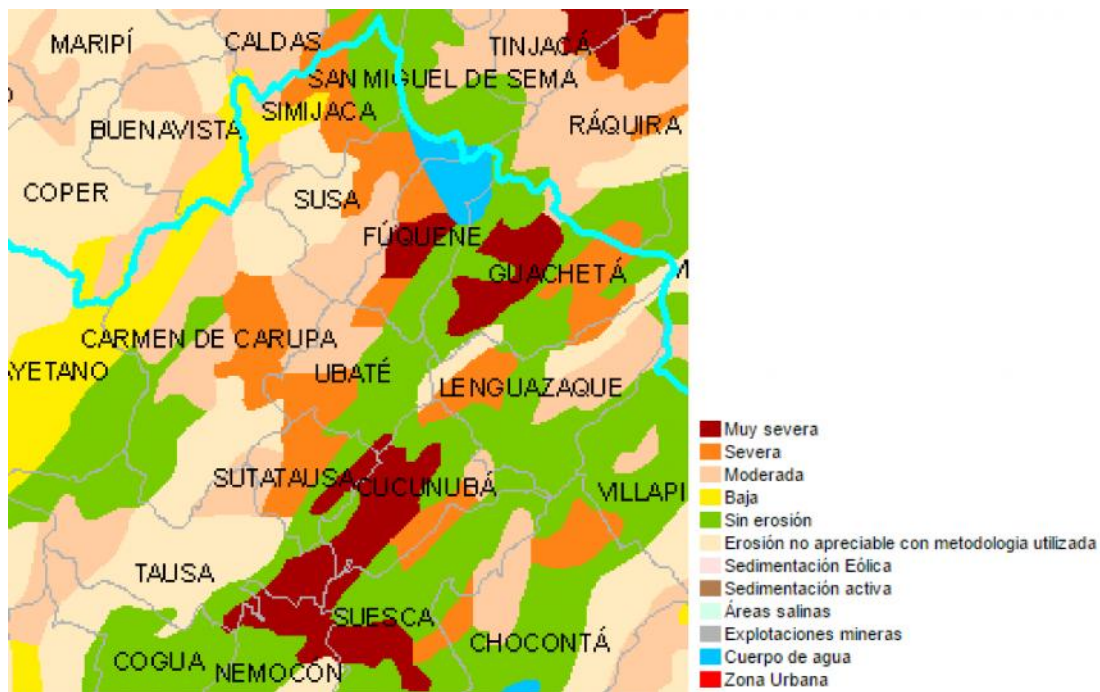
En la Tabla 10-1 se resume los tipos de erosión encontrados en cada uno de los municipios de interés. La distribución espacial de la erosión se muestra en la Figura 10-15.

Tabla 10-1 Resumen erosión por municipio

Municipio	Muy severa	Severa	Moderada	Baja	Sin erosión
Carmen de Carupa		X	X	X	X
Cucunubá	X	X	X		X
Fúquene	X	X	X		X
Guachetá	X	X	X		X
Lenguazaque		X	X		X
Simijaca		X	X	X	X
Susa		X	X		X
Sutatausa	X	X	X		X
Tausa	X	X	X		X
Ubaté		X	X		X

Fuente: SIGOT

Figura 10-15 Erosión



Fuente: SIGOT

10.4 Caracterización socioeconómica de la Provincia de Ubaté

10.4.1 Perfil Demográfico

La Provincia de Ubaté cuenta con una población en su mayoría rural, con 58% de sus habitantes que, sólo tres de los municipios ubicados en la Provincia tienen la mayor parte de su población en el área urbana. Entre ellos se destaca el municipio de Ubaté, con el 64,8% de la población que habita en la cabecera municipal (DANE, 2005).

El municipio de Ubaté, capital provincial, es igualmente el más poblado con 38.809 habitantes, una cantidad muy superior al promedio de los demás municipios de la provincia. Se destacan además por su población, los municipios de Simijaca (13.077 habitantes) y Sutatausa (12.302 habitantes).

La Tabla 10-2 muestra en detalle los datos demográficos de cada municipio.

Tabla 10-2 Perfil Demográfico Provincia de Ubaté

Municipio	Población			Ubicación		NBI
	Total	% Hombres	% Mujeres	% Urbano	% Rural	
Carmen de Carupa	9.109	52,7	47,3	26,1	73,9	39,2
Cucunubá	7.479	50,1	49,9	18,5	81,5	40,7
Fúquene	5.617	47,4	52,6	4,7	95,3	23,4
Guachetá	11.385	50,1	49,9	32,9	67,1	32,8
Lenguazaque	10.268	51	49	22,2	77,8	32,4
Simijaca	13.077	48,7	51,2	55,8	44,2	22,1
Susa	12.302	50,7	49,3	51,3	48,7	30,7
Sutatausa	5.564			31,3	68,7	30
Tausa	8.801			12	88	25,5
Ubaté	38.809	48,5	51,5	64,8	35,2	20,9

Fuente: Proyecciones Demográficas del DANE 2005-2020, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En cuanto al crecimiento demográfico, la Provincia presentó un crecimiento de 9.8% entre el 2005 y el 2015, crecimiento importante pero inferior a la media departamental (17,5%) y a la media nacional (12,4%). La tasa de crecimiento promedio anual para ese mismo periodo fue de 0,9% (DANE, 2005).

Se destacan por su crecimiento poblacional los municipios de Susa y Simijaca, con un crecimiento en su población entre el 2005 y el 2015, de 25,8% y 18,7% respectivamente. El crecimiento anual promedio para estos municipios en ese periodo fue de 2,3% para el municipio de Susa, y de 1,7% para Simijaca.

Los municipios con menor crecimiento poblacional fueron Guachetá, que presentó un decrecimiento poblacional con una disminución de 1,1% entre el 2005 y el 2015, y Lenguazaque con un crecimiento de 5,1% en el mismo periodo.

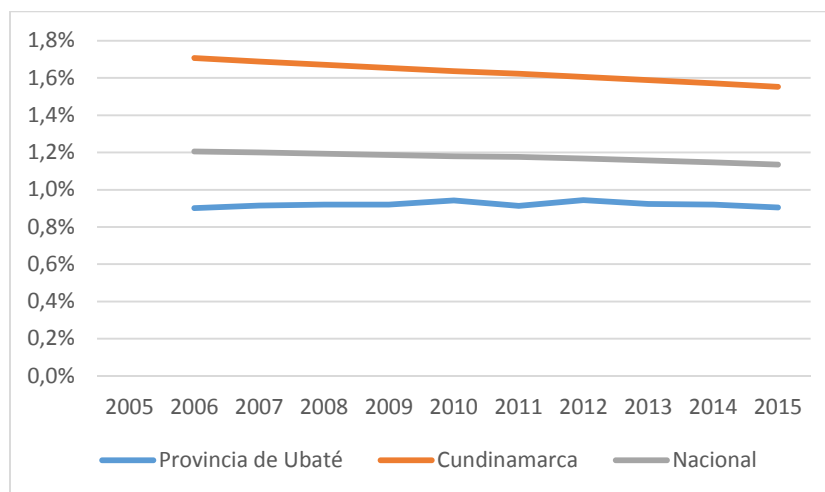
La Tabla 10-3 y el Gráfico 10-1 muestran el crecimiento poblacional de la provincia, con respecto al crecimiento departamental y nacional.

Tabla 10-3 Crecimiento Demográfico Provincia de Ubaté

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Provincia de Ubaté	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%	0,9%
Cundinamarca	1,7%	1,7%	1,7%	1,7%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%
Nacional	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,1%	1,1%

Fuente: Proyecciones Demográficas del DANE 2005-2020, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Gráfico 10-1 Crecimiento Demográfico Provincia de Ubaté



Fuente: Proyecciones Demográficas del DANE 2005-2020, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

10.4.2 Servicios Públicos y Sociales

10.4.2.1 Servicios Públicos

Todos los municipios cuentan con los servicios públicos básicos, a excepción de los municipios de Carmen de Carupa, Guachetá y Lenguaque, que no cuentan con el servicio de gas domiciliario (DANE, 2005).

El servicio de mayor cobertura en todos los municipios es el de energía eléctrica, que se encuentra

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

por encima del 90% de cobertura en todos ellos. Este, es seguido por el servicio de acueducto que también presenta altas tasas de cobertura. El servicio con menor cobertura es el gas natural.

La Tabla 10-4 muestra en detalle la cobertura de servicios públicos en los 10 municipios que integran la provincia.

Tabla 10-4 Servicios Públicos Provincia de Ubaté

Municipio	% cobertura				
	Energía Eléctrica	Alcantarillado	Acueducto	Gas Natural	Teléfono
Carmen de Carupa	95,1	19,1	72,9	0	6,7
Cucunubá	95,1	17,5	78,7	5,6	5,5
Fúquene	95,9	16,2	86,6	6,9	20,8
Guachetá	97,2	30,1	76,1	0	9,9
Lenguazaque	96,6	21,5	63,3	0	14,1
Simijaca	97,8	54,3	91	33,9	21,6
Susa	95,1	34,8	83,3	12,7	24,2
Sutatausa	94,2	32,8	82,5	15,6	12,2
Tausa	97	19,4	63,4	6,9	7,9
Ubaté	97,3	68,7	90,2	31,7	33,1

Fuente: Censo General DANE (2005), adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

10.4.2.2 Servicios Sociales

A. Salud

Todos los municipios cuentan con atención básica de primer nivel, a excepción del municipio de Ubaté que cuenta con atención de segundo nivel. Las instituciones se encuentran en su mayoría en los cascos urbanos.

En cuanto al tipo de régimen de salud, la mayor parte de la población hace parte del régimen ACON-Miembro Grupo INERCO

Unidad de Planeación Minero Energética-

0580-112-V.001-octubre/2015

subsidiado de salud.

La Tabla 10-5 muestra en detalle las infraestructuras, el tipo de atención y los tipos de cobertura en los 10 municipios.

Tabla 10-5 Servicios de Salud – Provincia de Ubaté

Municipio	Tipo de Infraestructura	Tipo de atención	Cobertura/ Régimen
Carmen de Carupa	Información no disponible	Información no disponible	No disponible.
			No disponible.
			No disponible.
Cucunubá	2 Instituciones en el casco urbano (EPS)	Primer nivel	No disponible.
			No disponible.
			No disponible.
Fúquene	Información no disponible	Primer nivel	R. Subsidiado – 70,8%
			R. Contributivo – 13,6%
			No afiliados – 15,6%
Guachetá	Información no disponible.	Primer nivel	R. Subsidiado – 68.5%
			R. Contributivo – 25.2%
			No afiliados – 6.3%
Lenguazaque	3 Instituciones: 2 EPS, 1 IPS	Primer nivel	R. Subsidiado – 79,3%
			R. Contributivo – 17,6%
			No afiliados – 0,1%
Simijaca	Centro de Salud	Primer nivel	R. Subsidiado – 21.9%
			R. Contributivo – 66.2%
			No afiliados – 11.9%
Susa	Centro de Salud	Primer nivel	R. Subsidiado – 74.1%
			R. Contributivo – 2.2%
			No afiliados – 23.7%
Sutatausa	Información no disponible	Primer nivel	R. Subsidiado – 62%
			R. Contributivo – 34%
			No afiliados – 4%
Tausa	Información no disponible	Primer nivel	R. Subsidiado – 78,3%
			R. Contributivo – 21,7%
			No afiliados – 0%
Ubaté	E.S.E Hospital el Salvador de Ubaté	Segundo nivel	R. Subsidiado – 67%
			R. Contributivo – 27,4%
			No afiliados – 5,6%

Fuente: Planes de Desarrollo Municipal 2012-2015, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

B. Educación

Los municipios de la Provincia cuentan con altas tasas de cobertura tanto en educación primaria

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

como secundaria. Los municipios de Sutatausa, Simijaca y Guachetá, presentan tasas más bajas de cobertura en educación secundaria, ubicándose alrededor del 60% con respecto a tasas de cobertura del 90% para la educación primaria.

El municipio de Cucunubá cuenta con la más alta tasa de analfabetismo (13,6%) y el municipio de Susa, tiene la menor (5,5).

Tabla 10-6 Servicio de Educación – Provincia de Ubaté

Municipio	Cobertura (%)		Infraestructura	Tasa de Analfabetismo*
	Primaria	Secundaria		
Carmen de Carupa	97,4	55,3	Información no disponible	10,8%
Cucunubá	92,7	72,2	Información no disponible	13,6
Fúquene	96,9	73,3	Información no disponible	9,1%
Guachetá	92,4	64,0	Información no disponible	9,5%
Lenguazaque	93,2	90,4	8 Instituciones Educativas 19 escuelas rurales	9%
Simijaca	98,1	64,0	2 colegios en cabecera municipal 13 escuelas rurales	7,2%
Susa	87,1	58,6	15 escuelas con básica primaria: <ul style="list-style-type: none"> • 2 en cabecera municipal • 13 en zona rural 1 Colegio departamental que cuenta con básica secundaria	5,5

* Mayores de 18 años que no saben leer ni escribir.

Municipio	Cobertura (%)		Infraestructura	Tasa de Analfabetismo
	Primaria	Secundaria		
Sutatausa	95,1	63,7	Información no disponible	8,4
Tausa	95,7	58,9	5 Instituciones educativas en la cabecera municipal 21 Instituciones educativas en zona rural	8,1%
Ubaté	96,3	70	Información no disponible	5,7%

Fuente: Censo General DANE 2005 y Planes de Desarrollo Municipal 2012-2015, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

10.4.3 Actividades Económicas

Según el Plan de Competitividad para la Provincia de Ubaté, el PIB de la Provincia se concentra, principalmente, en el desarrollo de actividades agropecuarias (21,7%), mineras (6,3%) y manufactureras asociadas a la agroindustria y a la transformación de minerales (12,3%). Adicionalmente, se debe mencionar que el aporte de la administración pública a la generación de valor en la región es alto (23%), en la medida que un buen porcentaje de su población obtiene su sustento al emplearse con las administraciones municipales. Finalmente, también hay evidencia de un bajo aporte al producto de la región por parte de actividades de hotelería (0,5%), intermediación financiera (1,9%) y servicios de electricidad, agua y gas (2%).

La mayor parte (22,4%) de la producción total de la Provincia se concentra en el municipio de Ubaté (cabecera provincial), seguido por Fúquene, municipio que aporta cerca de la quinta parte de la generación de valor en la región. En estos dos municipios se concentra más del 40% del PIB regional (principalmente por el desarrollo de actividades agro-industriales y mineras), lo cual pone de manifiesto una menor capacidad de generación de valor en el resto de los municipios de la Provincia, en los cuales el aporte a la producción provincial no supera el 12%.

A continuación se describen los principales sectores de la economía.

10.4.3.1 Sector Primario

La Provincia de Ubaté es la sexta región del departamento con mayores extensiones de tierra dedicadas a la producción agrícola (Camara de Comercio de Bogotá, Gobernación de

Cundinamarca, 2013).

La vocación agrícola más importante está en el cultivo de la papa, con 16.202 hectáreas (ha) cosechadas y 253.368 toneladas (t) producidas en el año 2011. Le siguen en orden de importancia, el maíz y la arveja, con una producción de 1.285 t y 724 t respectivamente (Agronet, 2011).

La Tabla 10-7 muestra los principales cultivos en los 10 municipios que conforman la provincia.

Tabla 10-7 Principales Cultivos por Municipio

Municipio	Cultivo	Área Cosechada (ha)	Producción (t)
Carmen de Carupa	Papa	1.493	21.470
	Arveja	20	12
Cucunubá	Papa	180	2.755
	Trigo	20	40
Fúquene	Papa	132	2130
	Cebolla	24	486
Guachetá	Papa	255	4.140
	Cebolla	36	720
Lenguazaque	Papa	753	13.554
	Arveja	27	46
Sesquilé	Papa	403	6.562
	Zanahoria	161	2.254
Susa	Papa	4091	46.833
	Arveja	132	197
Sutatausa	Papa	320	4.035
	Arveja	20	28
Tausa	Papa	8.000	144.000

Municipio	Cultivo	Área Cosechada (ha)	Producción (t)
Ubaté	Zanahoria	40	1.400
	Papa	575	7.890
	Arveja	13	18

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA), Agronet 2011.

En cuanto a la actividad pecuaria, la ganadería bovina es la más importante, con más 102 mil cabezas de ganado (7,9% del total del departamento). En su mayoría, el ganado (67,5%) está dedicado a la producción de leche, uno de los principales motores de la economía regional; el 20,2% está dedicado a la explotación con doble propósito y el 12,3% restante, a la producción de carne. Así mismo, vale la pena resaltar que Guachetá es el municipio que concentra la mayor parte del inventario de ganado en la Provincia (15,9% del total), seguido por Ubaté (15%), Simijaca (13,8%), Carmen de Carupa (12,9%) y Lenguazaque (11,7%). El resto de municipios aportan menos del 10% del ganado de la provincia.

10.4.3.2 Sector Secundario

El Sector Minero es muy significativo para la economía de la Provincia, principalmente la explotación de carbón y de arcillas utilizadas en la industria de materiales de construcción. Es importante resaltar que algunos de los municipios de la Provincia hacen parte del denominado Distrito Minero Zipaquirá-Samacá, en el que además de los minerales ya mencionados, existen importantes yacimientos de materiales de construcción, hierro y sal terrestre (Cámara de Comercio de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, 2013).

El carbón es sin duda el recurso minero más importante de la Provincia de Ubaté, las cifras para 2011 del Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO) indican que la mayor parte (92,3%) de la producción de carbón del departamento se concentra en los municipios productores de la región, lo que refleja la importancia de esta actividad extractiva para la economía departamental.

Según un estudio del Departamento Nacional de Planeación (DNP), la Provincia de Ubaté cuenta con un alto potencial para posicionarse en el segmento de carbón coquizable, mineral que es muy valioso en los mercados internacionales por su utilidad para la producción de coque y como insumo de la industria de acero, dadas sus condiciones físico químicas que le permiten una mayor eficiencia para la generación de energía: en la región cerca del 55% de la producción del mineral se encuentra en el segmento de carbón coquizable (Camara de Comercio de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, 2013).

Como se mencionó inicialmente, en la Provincia también hay una importante actividad asociada a la explotación y transformación de arcillas. Esta actividad se destaca dentro de la economía departamental ya que es una de las principales en la generación de valor agregado (10,4% del total departamental).

En general, la producción de este tipo de productos en la región se realiza a menor escala, sin acceso a tecnologías apropiadas que permitan una explotación ambientalmente sostenible (Camara de Comercio de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, 2013).

10.4.3.3 Sector Terciario

La actividad económica más importante dentro de este sector es el turismo. En este sentido, es importante mencionar que la Provincia cuenta con 44 patrimonios culturales, 23 festividades y 19 recursos naturales, dentro de los cuales se destacan: la laguna de Fúquene, un atractivo natural y mitológico; la piedra colgada en Susa, que brinda una vista panorámica de la Provincia; la Basílica menor de Ubaté, la cual convoca miles de devotos cada año y tiene reconocimiento por ser un bien de interés cultural de la nación; así como las ferias y fiestas en honor al Santo Cristo de Ubaté (Camara de Comercio de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, 2013).

La Provincia cuenta con un Plan Sectorial de Desarrollo Turístico, con el cual se busca promover su desarrollo y posicionamiento como destino turístico a nivel departamental.

10.4.4 Mercado Laboral

En cuanto al mercado laboral la población en edad de trabajar del departamento fue de 79,4% en el 2013, con una tasa global de participación relativamente alta de 69,1%. La tasa de ocupación fue de 63,3 y la de desempleo de 8,3%, inferior a la media nacional para el mismo año que fue de 10,7% (Banco de la República, 2013).

10.4.5 Infraestructura Vial

El departamento de Cundinamarca cuenta con 6.937 Km de vías (departamentales), de las cuales 1.751 km están a nivel de pavimento, 5.156 km en afirmado y 30 km en tierra. De los 11.758 km de vías terciarias a cargo de los 116 municipios, sólo 254 km se hallan a nivel de pavimento.

El alto porcentaje de kilómetros de la red vial departamental que se encuentra en afirmado afecta la conectividad, productividad y agroturismo en aquellas provincias donde se concentran dichos tramos viales, a las cuales se les realiza mantenimiento esporádicamente. El 70% del territorio

departamental presenta serias dificultades de movilidad e integración lo que genera baja conectividad y reduce la movilidad de bienes y de personas. Esta situación genera un desarrollo desequilibrado del departamento. Adicionalmente, las vías no tienen diseños estructurales apropiados que soporten la capacidad de carga del transporte pesado. El departamento tiene 3 de sus troncales por concesión, estas vías se encuentran en buen estado de mantenimiento, pero con dificultades en algunos sitios inestables de dichas vías.

Para dar solución a estos problemas, el Departamento ha planteado dentro del plan de desarrollo 2012-2015 el objetivo estratégico 3 denominado “Competitividad, innovación, movilidad y región”. Este objetivo cuenta con el Pilar 8 “movilidad y modernización de la malla vial”.

Para conectar al departamento internacionalmente se propone lo siguiente:

- Navegabilidad del Río Magdalena – Barrancabermeja.
- Troncal del Magdalena: Girardot – Cambao – Puerto Bogotá – Puerto Salgar. Rehabilitación y pavimentación de la vía.
- Primera Fase MURA: Macroproyecto Urbano Regional del Aeropuerto El Dorado.

Conectar nacionalmente a Cundinamarca con 4 corredores:

- Corredor Patios – La Calera – Guasca – Guatavita – Sesquilé – La Playa
- Primera fase de Transmilenio corredor Soacha – Bogotá
- Construcción y puesta en funcionamiento de la vía alterna al Llano por territorio de Cundinamarca.
- Troncal del Carbón: Sector tierra negra – Guachetá – Samacá

Conectar a Bogotá y Cundinamarca en 6 puntos estratégicos:

- Calle 153 -170 – Troncal del Guavio y oriente
- Conexión Av. José celestino Mutis – Funza – Bogotá
- Conexión Av. Ciudad de Cali – Soacha
- Fase 3 Tren – Tram
- Conexión ALO – Chía – Mosquera – Girardot – Ramal – Soacha
- Conexión Suba – Cota. Estudios de factibilidad.

11. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE LA MINERÍA DEL CARBÓN EN LA ZONA DE UBATÉ

El presente capítulo, tiene como objetivo la identificación de las principales amenazas que tendría el cambio climático y la variabilidad climática sobre las actividades mineras. Se hace la recolección de la información sobre los principales eventos naturales que han afectado la zona y que han sido inventariadas por las agencias durante la última ola invernal. Finalmente, se exponen las principales amenazas para la minería del carbón derivadas de posibles alteraciones ocasionadas por el aumento o disminución de la temperatura y precipitación.

De acuerdo con lo señalado por el IPCC, *“La temperatura de la superficie de la tierra está proyectada para que aumente a lo largo del siglo XXI bajo todos los escenarios de emisiones evaluados. Es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y sean más prolongadas, y que los eventos de precipitaciones extremas sean más intensos y más frecuentes en muchas regiones. El océano continuará calentándose y acidificándose, su nivel medio continuará en aumento”* (IPCC, 2014, Pg 58).

Bajo esta premisa, se estima que todas las actividades de la economía se verían afectadas, por lo tanto, se procedió a determinar aquellas amenazas que se potenciarían a raíz, de las alteraciones en la temperatura media de la atmósfera y la precipitación.

11.1 Proyecciones de temperatura y precipitación para el área

Con las evidencias sobre el cambio climático a nivel nacional y mundial, el Instituto de Estudios Ambientales –IDEAM-, ha presentado una serie de estudios sobre este fenómeno, los cuales pretenden alertar a los diferentes municipios sobre las posibles condiciones de precipitación y temperatura que se podrían presentar durante el siglo XXI.

Con el propósito de estudiar estas proyecciones sobre la zona, se han escogido la segunda y tercera comunicación del IDEAM, además del Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá – Cundinamarca (PRICC), como escenarios de análisis para establecer dichas potenciales condiciones.

11.1.1 Segunda comunicación

Durante 2010, el IDEAM publicó la segunda Comunicación sobre Cambio Climático para Colombia, empleando diferentes escenarios de emisiones y modelaciones que daban como resultado posibles cambios en temperatura y precipitación sobre el territorio nacional para los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

Para la zona de la provincia de Ubaté, el IDEAM proyectaba condiciones relativamente neutras para los periodos 2011-2040 y 2071-2100, con variaciones entre -10% y 10% con relación al

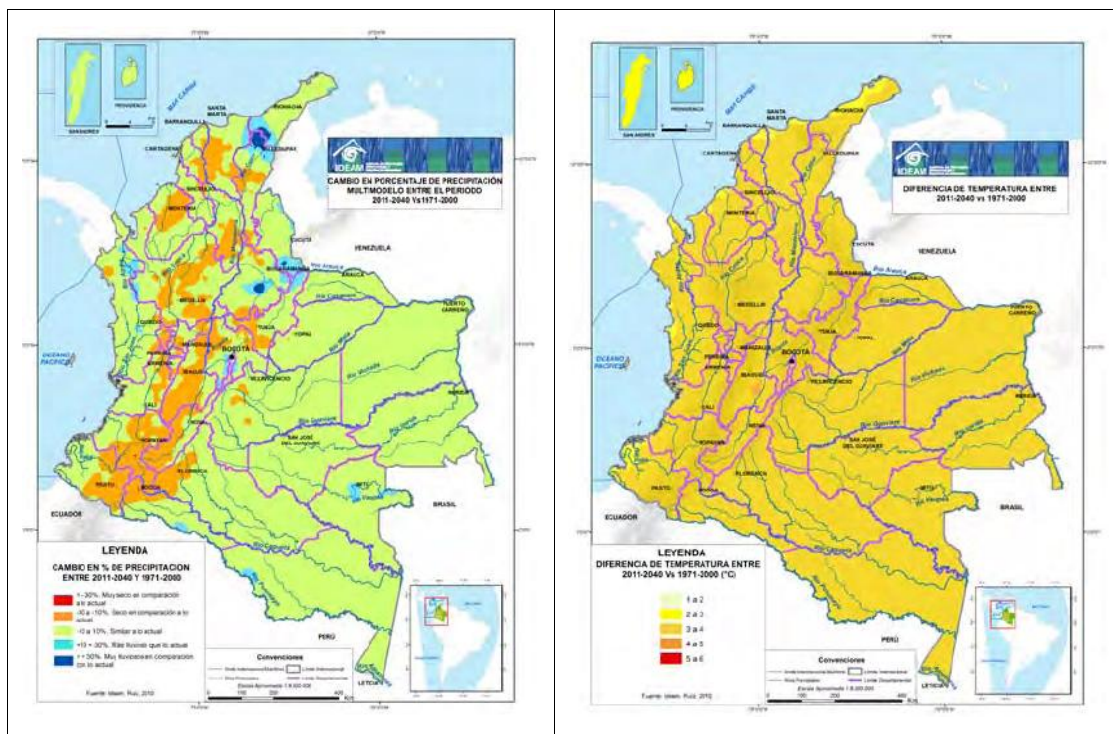
Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

escenario base de precipitación 1971-2000. Con respecto a la temperatura, se proyectaba un aumento entre 2 y 4°C a lo largo del siglo XXI (Ver Figura 11-1 y Figura 11-2).

Aparentemente las condiciones de la provincia no eran críticas al ser comparadas con las proyectadas para el resto del país. Donde se proyectaba un descenso de la precipitación de mayores magnitudes.

Para la temperatura mínima, durante el periodo 2011-2040, se estimaba la disminución en un grado para la zona, mientras que para las máximas el aumento de un grado. Para el periodo 2070-2100, se estimaba un incremento en la temperatura mínima de 2 a 3°C y de 2 a 5 °C en la temperatura máxima.

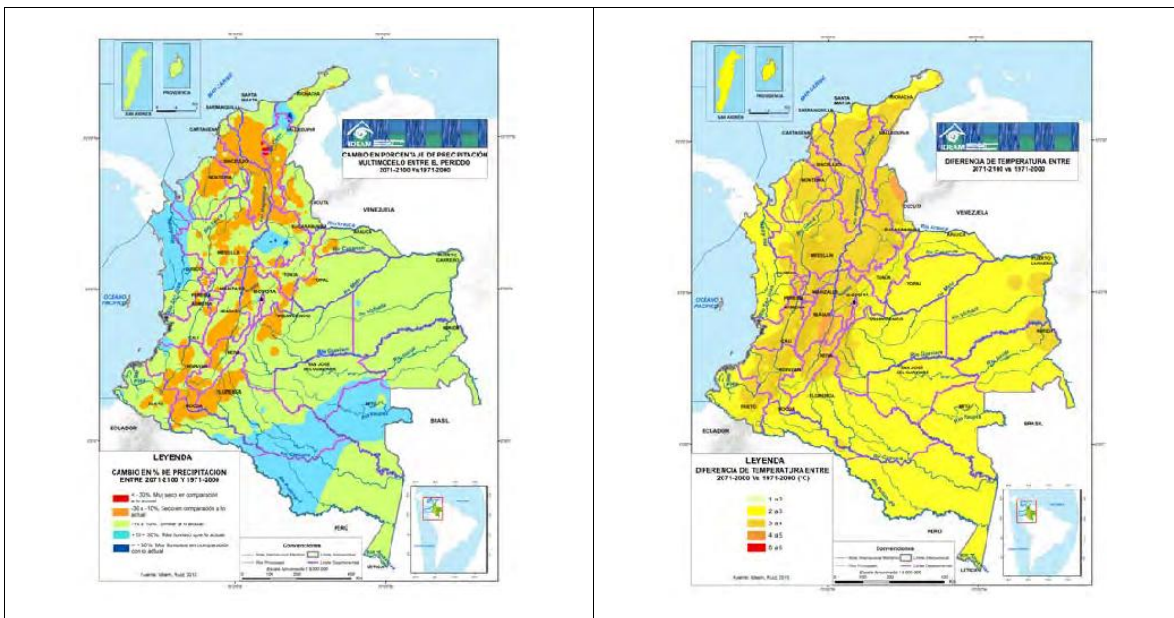
Figura 11-1 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2011-2040 Vs 1971-2000



Fuente: IDEAM, 2010.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 11-2 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2071-2100 Vs 1971-2000



Fuente: IDEAM, 2010.

11.1.2 Tercera comunicación

En línea con la motivación expuesta en el numeral anterior, el IDEAM continuó con la elaboración de escenarios para el Cambio Climático, y en 2015, publicó la tercera comunicación, que se diferenciaba de la segunda ya que estudiaba nuevos escenarios de emisiones, e implementaba nuevos modelos. Además de realizar un importante esfuerzo para proyectar los escenarios por regiones e incluso por departamento.

Dentro del análisis de la precipitación anual, para la zona de estudio durante el periodo 2011-2040, se esperan aumentos importantes en la precipitación, en línea con los aumentos esperados en la región andina entre el 10% – 40 % y mientras que se proyectan disminuciones del orden del 10% – 40% en el norte del país, la Amazonía y la Orinoquía. Para el periodo 2041-2070 y 2071-2100 se espera un comportamiento similar al del periodo mencionado anteriormente. Los aumentos más significativos, se presentarían en la región andina entre junio y noviembre.

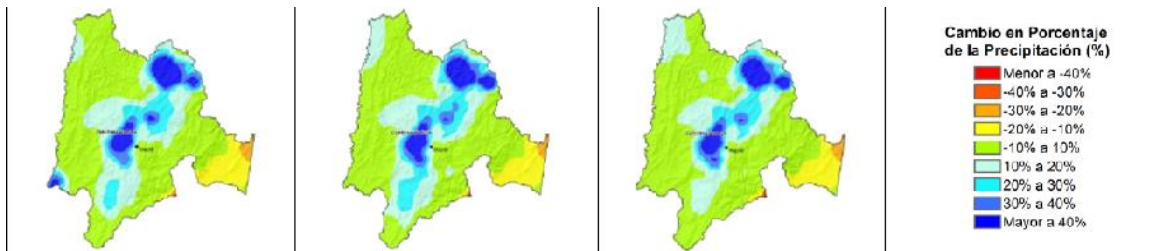
Con respecto a la temperatura máxima anual en Colombia, las proyecciones muestran alteraciones cercanas a 1°C, para el periodo 2011-2040. Para el periodo 2041-2070 se estima un ligero aumento (entre 1,2°C-2,4°C) y finalmente, para el periodo 2071-2100 un aumento entre 2°C y 4°C. Con respecto a esta variable, se esperan los mayores cambios en los departamentos de Arauca, Caldas, Cesar, Quindío y Santander, mientras que los menores

cambios para los departamentos de Cauca, Magdalena, Putumayo y San Andrés y Providencia.

Para la temperatura mínima anual, se esperan ligeros incrementos cercanos al 0,7°C durante el periodo 2011-2040. Para el periodo 2041-2070, se esperan cambios entre 1°C y 2°C. Finalmente, para el periodo 2071-2100 se espera un cambio en esta variable entre 1°C y 3,5°C. Los mayores aumentos en este campo se espera se produzca en los departamentos de Arauca, Casanare, Guaviare y Vichada, y los menores en los departamentos de Atlántico, Cesar, Córdoba, Magdalena y San Andrés y Providencia.

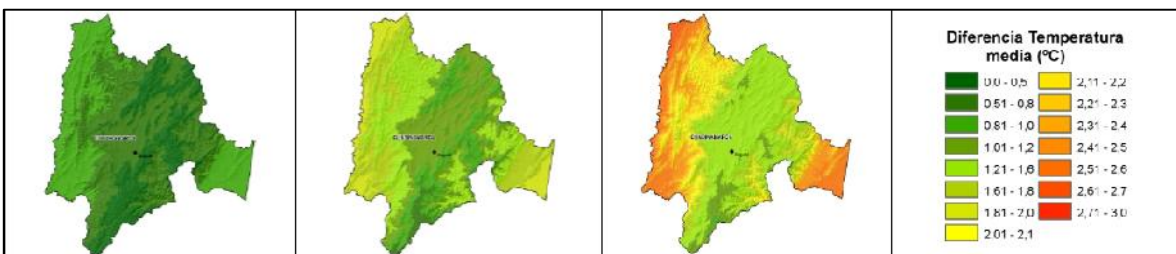
Las proyecciones esperadas para la provincia de Ubaté se pueden observar en la Figura 11-3 y Figura 11-4.

Figura 11-3 Cambio Precipitación Cundinamarca, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)



Fuente: IDEAM.

Figura 11-4 Cambio Temperatura Cundinamarca, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)



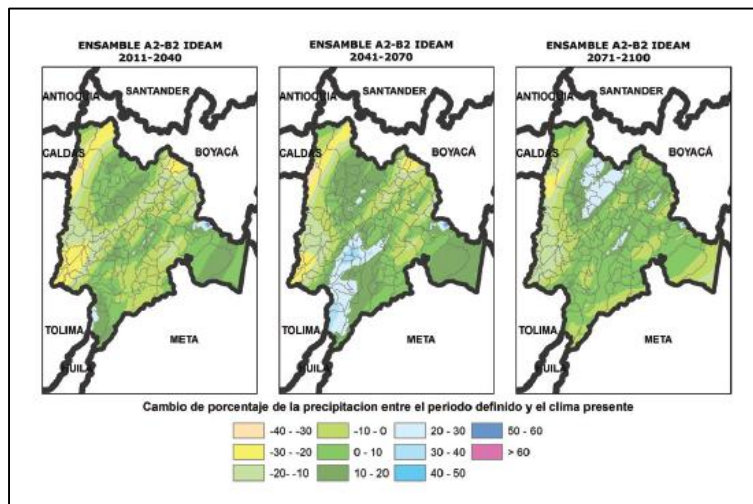
Fuente: IDEAM.

11.1.3 Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá – Cundinamarca (PRICC)

Adicional a los escenarios elaborados por el IDEAM, la gobernación de Cundinamarca elaboró un estudio para analizar las implicaciones del Cambio Climático en la región. En términos generales, los escenarios de cambio climático desarrollados por el PRICC muestran una tendencia a la disminución de la precipitación (entre el 10% y 20%) en el occidente del departamento (hacia el valle del Magdalena) y algunos sectores del norte de la Sabana y el oriente (Ubaté, Almeidas, Guavio, especialmente para el periodo 2041-2070) (Ver Figura 11-5).

Con relación a la temperatura, se estima un aumento progresivo de la temperatura en todo el departamento, se esperaría un aumento en la temperatura promedio de entre 2 y 4°C, con respecto a la temperatura actual.

Figura 11-5 Cambios en la precipitación

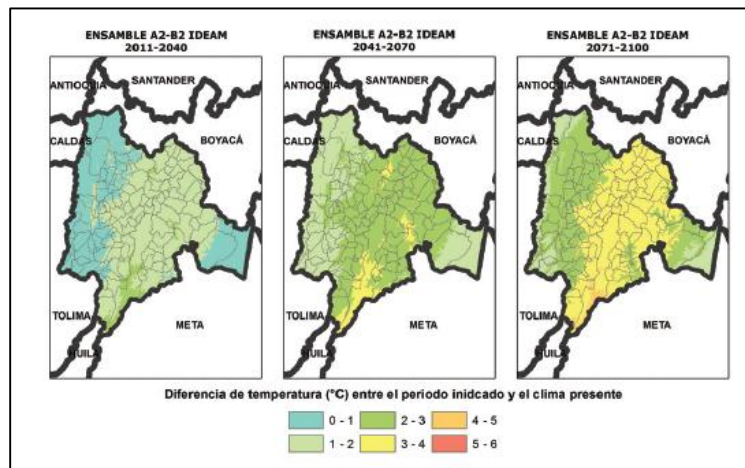


Fuente: PRICC, 2013.

Se aplicó en el estudio el escenario RCP4.5, apoyados técnicamente por NASA y la Universidad de Columbia (EE.UU). El resultado muestra que para el periodo 2041-2070, se evidencia un progresivo aumento en la temperatura media mensual (Ver Figura 11-6), la cual puede llegar a ser de hasta 2-3°C. La tendencia muestra que la diferencia entre los rangos de las temperaturas extremas (máximas y mínimas) en 10 años puede estar en $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ y en 20 años de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

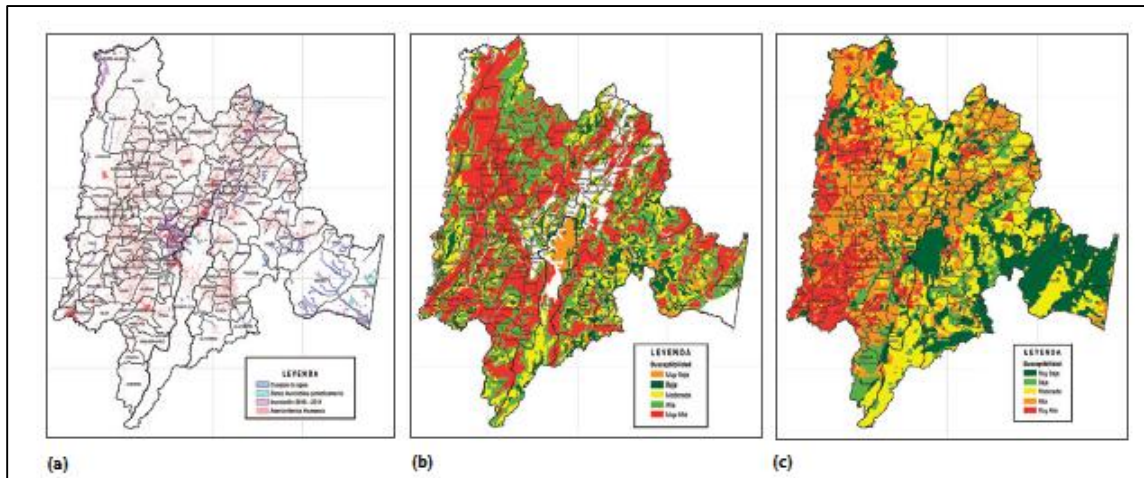
Figura 11-6 Cambios en la temperatura



Fuente: PRICC, 2013.

De acuerdo a las modelaciones efectuadas por el PRICC, la provincia de Ubaté es una zona susceptible a la inundación, con respecto a las remociones en masa y la degradación del suelo, se observa alta vulnerabilidad en la mayor parte de Cundinamarca, y Ubaté no es la excepción. Mientras que para incendios forestales, la vulnerabilidad se concentra en los municipios de la sabana de Bogotá y el occidente del departamento incluyendo la provincia de Ubaté (Ver Figura 11-7).

Figura 11-7 Mapas susceptibilidad a Inundaciones, Remoción en masa e Incendios Forestales



Fuente: PRICC, 2013.

11.2 Eventos amenazantes

Como se expuso anteriormente, las comunicaciones y escenarios presentados por el IPCC e IDEAM, hacen referencia principalmente a alteraciones en la precipitación y la temperatura a escala global o regional. Estas alteraciones desencadenan modificaciones en el ciclo hidrológico, que afectan diferencialmente a las regiones dependiendo de su localización geográfica principalmente.

Las modelaciones a nivel global tienen todavía dificultades para representar adecuadamente las implicaciones en el ciclo hidrológico tanto a nivel regional como a nivel de cuenca. Así se expresa en los informes de IPCC indicando que “Los modelos climáticos no simulan con precisión el ciclo del agua a una resolución suficiente como para atribuirles impactos hidrológicos de origen antropogénico o de cambio climático a escala de cuenca” (IPCC Capítulo 3, Fresh Water, pg. 235).

Por lo tanto, hay que tener presente que las proyecciones y escenarios planteados por cualquiera de las agencias o estudios especializados en el tema son limitadas y sus resultados entendidos como asistencia a la toma de decisión en política pública o sectorial más que como predicciones del futuro. La aplicación o interpretación de los escenarios a regiones o cuencas específicas deben ser resultados de estudios más detallados.

Dentro de los impactos que se han detectado como virtualmente vaya a ocurrir y que son atribuibles con altísimo grado de certeza que ocurrirá durante el siglo XXI se encuentra el aumento en el nivel del mar (El carbón en la zona de Ubaté, a pesar de estar ubicada en el centro del país, tiene exportaciones marítimas, por lo tanto, el aumento del nivel medio del océano es considerado como una amenaza). También con altísimo grado de certeza que ocurra en el futuro se encuentra al aumento de los días y noches calientes en la superficie terrestre.

Con alto grado de certeza de ocurrencia en el futuro se encuentran la reducción de los recursos hidráulicos y la inestabilidad de las montañas, entendida como aumento en la remoción en masa. Los eventos de alta precipitación, son clasificados como de alta detección y de mediana certeza que se reproduzcan durante el futuro, sin embargo, es de aclarar que estas proyecciones aumentarían en algunas regiones y disminuirían en otras, sin embargo, son más las regiones que sufrirían aumento que descenso.

Con relación a las sequías e inundaciones, las proyecciones indican que son eventos que se presentaría con una valoración de mediana certeza, para ambos impactos la ocurrencia y frecuencia del evento varía de acuerdo a la región, para las sequías se estima que su ocurrencia aumentaría en la mayoría de las regiones, para las inundaciones se indica que no hay una tendencia clara o que varía importantemente a nivel regional.

El incremento en la intensidad, y frecuencia de eventos hidrológicos extremos, como las inundaciones han sido atribuidos al (CC), sin embargo, para estimar una alteración de este tipo de fenómeno es necesario cuantificar las incertidumbres derivadas (IPCC, Freshwater Resources pg 236).

Por otra parte, un evento amenazante relacionado con el Cambio Climático (CC) o Variabilidad Climática (VC) se podría definir como la probabilidad de la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente peligroso, bien sea para las personas, la producción, la infraestructura, los bienes o los servicios.

Para contextualizar esta definición al sector minería, se ha tomado como base los fenómenos mencionados por el IPCC, los eventos amenazantes para la minería en Colombia se podrían contabilizar como: Olas de Calor o Heladas, vendavales, aguaceros torrenciales, avenidas Torrenciales (crecientes súbitas), inundaciones, movimientos en Masa, Sequías o déficit de lluvias, Degradación de suelos, Abatimiento de niveles freáticos. A continuación se describen dichos fenómenos:

11.2.1 Olas de Calor

De acuerdo a las modelaciones e informes sobre CC y VC, se estima un incremento general de los días cálidos, tanto en temperatura como en frecuencia, clasificando dicho fenómeno como virtualmente cierto. Para Colombia estas condiciones de variación en la temperatura se cuentan con las olas de calor y heladas, entendidas como un periodo cálido extendido superior a las condiciones normales climáticas del área (Met Office, 2015), es pertinente aclarar que este tipo de fenómenos van acompañados de escenarios de alta humedad.

En la zona de la provincia de Ubaté, a pesar que las proyecciones tanto del IDEAM como las presentadas en el PRICC, manifiestan aumentos en la temperatura tanto media como máxima, los valores esperados no alcanzan a ser incapacitantes para la actividad de extracción.

11.2.2 Heladas

Las heladas son un fenómeno climático que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies. Fenómeno muy común en las zonas de altitud mayor a los 2500 msnm, la provincia de Ubaté, por su ubicación geográfica presenta y se estima seguirá presentando este tipo de fenómeno especialmente en los meses de poca nubosidad, como Diciembre y Enero. Sin embargo, al igual que las olas de calor, este fenómeno no ocasiona impedimento para el desarrollo de la actividad minera.

11.2.3 Vendavales

Cuando se presentan modificaciones en la temperatura y presión de los sistemas meteorológicos, es posible la presencia de vendavales, que se define como ráfagas de viento que afectan un área en particular con velocidades que oscilan entre 50 y 80 km/h en un intervalo corto de tiempo*. De acuerdo a las proyecciones del IPCC, este tipo de fenómeno se clasifica como probable es decir, entre 66% - 100% de ocurrencia.

Los vendavales en la región de Ubaté son poco frecuentes, durante el periodo 1999 – 2015 la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, sólo ha registrado 5 eventos como este, lo cual representa el 4% de los eventos registrados. Este tipo de fenómeno se podría ver intensificado con el Cambio Climático, sin embargo, la afectación sería mínima debido a la naturaleza de la anomalía.

11.2.4 Aguaceros torrenciales

Los aguaceros torrenciales son lluvias de gran intensidad y corta duración, su clasificación depende de la metodología empleada, pero en ocasiones se considera torrencial cuando la intensidad es de por lo menos 20 mm/hr (Sánchez,s.f.). Los cambios estimados sobre este fenómeno indican que es un cambio mixto, es decir, en algunas regiones se verán incrementados y en otras reducidos, sin embargo la tendencia favorece al incremento.

Con los análisis de CC, se ha considerado que los eventos extremos van a ser más intensos y más frecuentes, por lo tanto, este tipo de aguaceros torrenciales se podrían presentar con mayor frecuencia y mayor intensidad a lo previamente estimado, pudiendo afectar las operaciones en la extracción minera.

También es importante indicar, que este fenómeno podría generar no sólo inundaciones, sino también degradación del suelo, aumento de la carga sedimentológica y la posterior reducción de la capacidad hidráulica de las corrientes.

* De un lado la generación de viento se inicia por diferencias de temperatura y/o presión en dos lugares geográficos. Existen varias clasificaciones de vientos. Por ejemplo, la Escala Beaufort, clasifica vientos desde 51 km/h como frescachón, y se caracteriza por movimiento de árboles, caminar en contra del viento es dificultoso, etc. Luego siguen los Temporales, los cuales ocasionan rompimiento de las ramas de los árboles (62 km/h), Temporales fuertes, hasta 86 km/h, ocasiona desperfecto en partes salientes de edificios, levantamiento de tejas y derribo de chimeneas

11.2.5 Avenidas Torrenciales (crecientes súbitas)

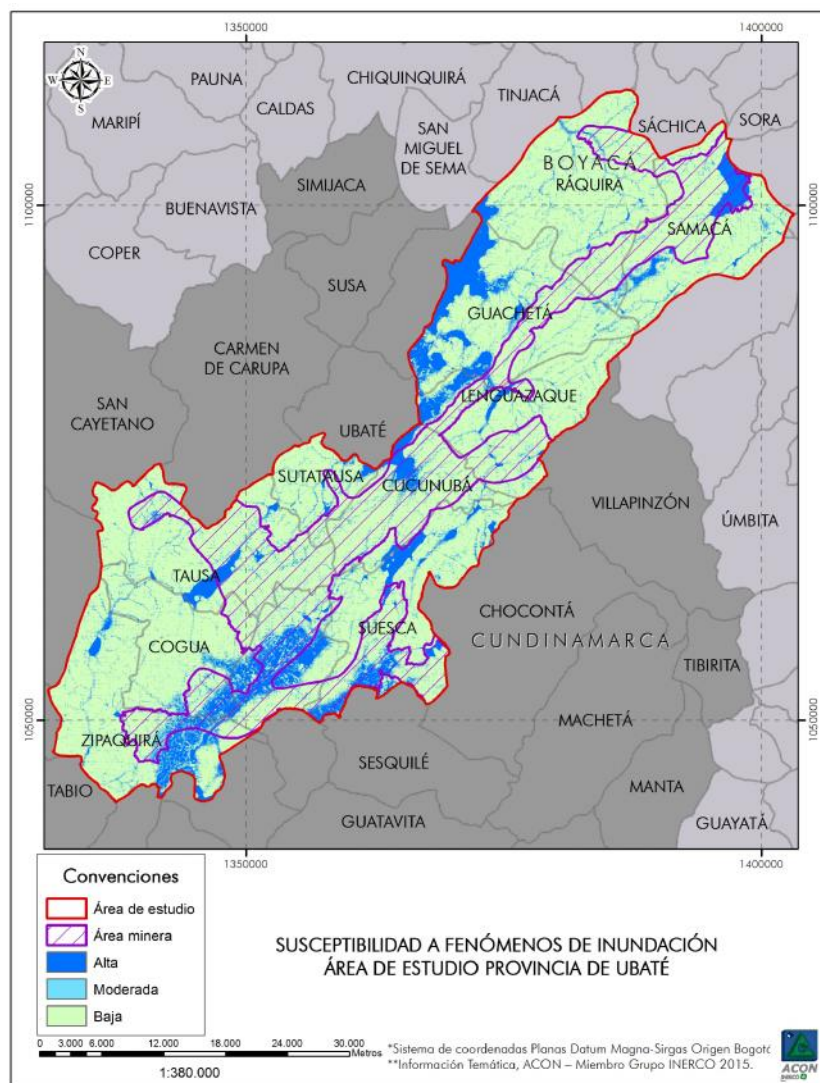
Las afectaciones debidas a crecientes súbitas dependen en gran medida a las condiciones naturales de la cuenca y la intensidad de la precipitación. Estas circunstancias afectarían las operaciones mineras que cuentan con bocatomas para el abastecimiento de las actividades que demanden agua. Dentro de las entrevistas efectuadas, el arreglo de bocatomas y/o conducciones es un fenómeno que se presenta con poca frecuencia.

11.2.6 Inundaciones

De acuerdo al IPCC, este tipo de fenómeno varía regionalmente, o no presenta una tendencia clara por eso es clasificado con baja confianza de ocurrencia, sin embargo, de acuerdo a los eventos presentados durante los últimos años en Colombia en temporadas del ENSO en su fase “La Niña” se ha observado aumento en la magnitud de este fenómeno al igual que en su frecuencia.

Como se observó en el capítulo anterior, este fenómeno es de muy alta frecuencia en la Provincia de Ubaté, representando cerca del 30% de los eventos de desastre (33 eventos en el periodo 1999 – 2015). Con el aumento de precipitaciones que se proyecta de acuerdo a la tercera comunicación del IDEAM, se espera que este fenómeno se intensifique, de acuerdo a las entrevistas efectuadas en la zona, es un evento que daña principalmente el transporte, ya que las inundaciones afectan importantemente las vías de acceso a las minas por periodos de varios días (Figura 11-8).

Figura 11-8 Susceptibilidad a fenómenos de inundación área de estudio provincia de Ubaté



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

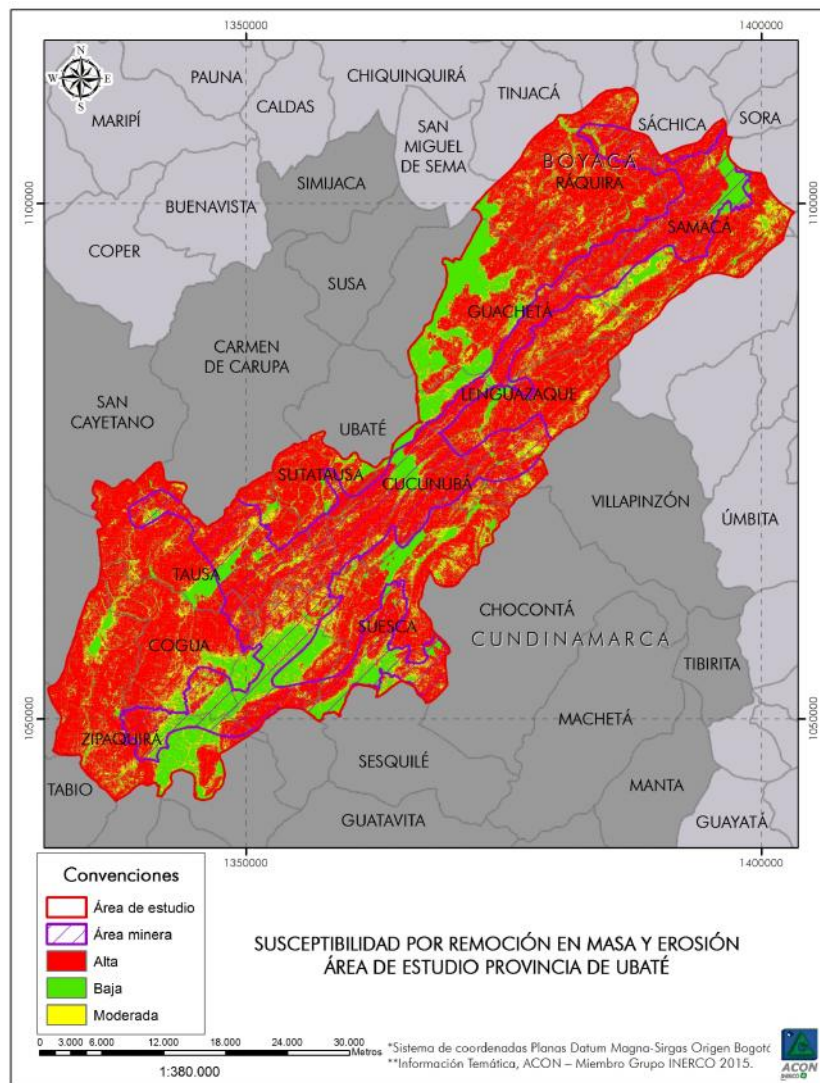
11.2.7 Movimientos en Masa

En línea con los numerales anteriores, los movimientos en masa se potencian gracias a procesos geológicos, químicos, mecánicos y especialmente hidrometeorológicos (como se mencionó anteriormente, se espera un aumento tanto en magnitud como en intensidad), todos estos fenómenos se combinan para actuar sobre las laderas y desestabilizarlas ocasionando caída de grandes cantidades de material.

El IPCC, considera que este tipo de eventos se vería incrementado en términos generales con alto grado de ocurrencia, y debido a la influencia antropogénico como a eventos hidrológicos desencadenados por efectos del Cambio Climático.

De acuerdo con La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, durante el periodo 1999-2015, se han presentado 4 eventos de deslizamiento. Sin embargo, durante las entrevistas efectuadas en la zona de estudio este evento es más frecuente, y afectan tanto vías de comunicación, como conducciones (Figura 11-9).

Figura 11-9 Susceptibilidad por remoción en masa y erosión área de estudio provincia de Ubaté



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

11.2.8 Sequías o déficit de lluvias

Se produce una sequía meteorológica cuando se presenta una escasez continua de las precipitaciones, por lo general este tipo de sequía va acompañado de temperaturas más altas de las medias, vientos de fuerte intensidad, humedad relativa baja, incremento de la evapotranspiración, menor cobertura de nubes y mayor insolación; todo ello puede traducirse finalmente en reducciones en las tasas de infiltración, menor escorrentía, reducción en la percolación profunda y menor recarga de las aguas subterráneas.

Por otro lado, la sequía hidrológica, es aquella relacionada con periodos de caudales debajo de lo normal. A diferencia de la sequía agrícola, que tiene lugar poco tiempo después de la meteorológica, la sequía hidrológica puede demorarse durante meses.

De acuerdo con los resultados presentados por el IDEAM en el ENA 2014, el área de Ubaté, presenta condiciones de escorrentía y rendimientos hídricos por debajo de la media nacional, esto también se observa en la modelación del índice de precipitación estándar (SPI), que evalúa la exposición de una región a sequías.

Por otra parte, al igual que los aguaceros torrenciales el IPCC considera que las sequías presentarían un comportamiento mixto, pero con tendencia al incremento de la intensidad y magnitud en la mayoría de las regiones, se tiene proyectado que este fenómeno como probable (66% a 100% de probabilidad de ocurrencia).

Dentro de la actividad minera de carbón, existen procesos que demandan importantes cantidades de agua, los cuales se podrían ver afectados durante un evento de sequía hidrológica extendido.

11.2.9 Alteraciones (posible abatimiento) de niveles freáticos

De acuerdo con el IPCC (IPCC Fresh Water Resources, 2014, p. 237), se indica que los cambios respecto al nivel del agua subterránea son difíciles de atribuir a variables diferentes a los cambios del uso del suelo, precipitación y abstracciones subterráneas (Stoll et al., 2011), sin embargo, es necesario tenerla en cuenta para las regiones proyectadas con alteraciones importantes de precipitación y con intervenciones poco contraladas del subsuelo.

Como se plantea en la tercera comunicación del IDEAM sobre cambio climático, la zona de Ubaté presentaría condiciones de aumento de precipitación, lo cual incrementaría el flujo subterráneo, aumentando posiblemente las condiciones del bombeo requerido en los túneles.

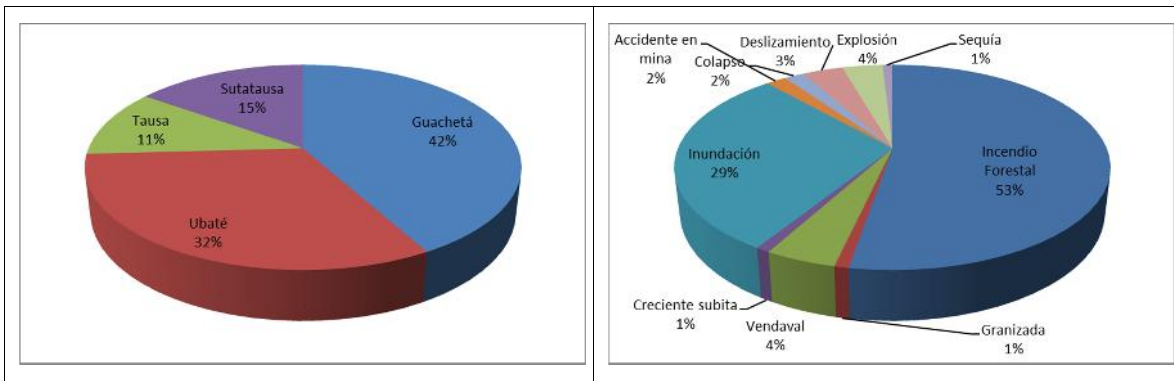
Finalmente, es importante señalar que durante la visita de campo, las amenazas que se analizaron en la zona fueron confirmadas, sin embargo, se indicó por la gente de la zona que adicionalmente se presentaron bastantes incendios forestales durante la época de verano (es difícil determinar cuáles son naturales y cuales son propiciados por causas los habitantes de la

región), igualmente, varios eventos de remoción en masa.

Con respecto a las inundaciones, se indicó que es un fenómeno muy frecuente en la región, y el que más impacta la minería, especialmente afecta las vías de comunicación con niveles que perturba el tránsito normal de los vehículos.

En la Figura 11-10, se presentan los eventos reportados por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, durante el periodo 1999-2015, en los cuatro municipios visitados. En dicha figura, se observa que la mayoría de eventos de desastre se presentan en los municipios de Ubaté y Guachetá. Y el evento de mayor frecuencia son los incendios forestales y las inundaciones.

Figura 11-10 Inventario de eventos reportados



Fuente: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (1999-2015).

11.3 Matriz de eventos amenazantes

Como resultado de los análisis anteriores se llegó a las siguientes conclusiones respecto de la posible ocurrencia de sub eventos amenazantes para la minería en el área de estudio:

- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados al incremento de las precipitaciones:

Inundaciones:

Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de la 3ª Comunicación Nacional señalan un incremento probable significativo de las precipitaciones en el área de análisis (entre 20 y 40%). Las referencias históricas disponibles señalan un incremento importante de la frecuencia de inundaciones en la última década en el área de análisis. Finalmente las condiciones naturales en términos de geología, edafología, sistema hidrológico y clima del área de análisis la hacen muy propensa a sufrir inundaciones. Todo ello sugiere que es muy posible que el área de análisis sufra fenómenos de inundación con una frecuencia e intensidad mayores a la que la ha caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacional.

Remociones en masa:

Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de la 3ª Comunicación Nacional señalan un incremento probable significativo de las precipitaciones en el área de análisis (entre 20 y 40%). Las referencias históricas disponibles señalan un incremento de la frecuencia de fenómenos de remoción en masa en el área de análisis. Finalmente las condiciones naturales en términos de geología y edafología del área de análisis la hacen muy propensa a sufrir este tipo de fenómenos. Todo ello sugiere que **es muy posible** que el área de análisis sufra fenómenos de remociones en masa con una frecuencia e intensidad mayores a la que la ha caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacional.

Cambios en el comportamiento volumétrico del suelo:

Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de la 3ª Comunicación Nacional señalan un incremento probable significativo de las precipitaciones en el área de análisis (entre 20 y 40%). Referencias históricas puntualmente documentadas señalan una cierta sismicidad en la ocurrencia cambios en el comportamiento volumétrico del suelo en el área de análisis. No obstante, se adolece de información para poder caracterizar mejor el fenómeno. Finalmente las condiciones naturales en términos de geología y edafología del área de análisis la hacen muy propensa a sufrir cambios en el comportamiento volumétrico del suelo. Todo ello sugiere que **es muy posible** que el área de análisis sufra cambios en el comportamiento volumétrico del suelo con una frecuencia e intensidad mayores a la que la ha caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacional.

- En conclusión la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados a la disminución de las precipitaciones: no se considera razonable esperar sub eventos amenazantes asociado a este evento.
- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados al incremento de la temperatura:

Sequía:

Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de la 3ª Comunicación Nacional señalan un incremento probable significativo de la temperatura media en el área de análisis (de 0,8 a 1,5 grados). Referencias y series históricas, no obstante, no señalan un fenómeno recurrente de sequía para toda el área, siendo no obstante, un fenómeno puntual en determinadas zonas y durante ciertos meses del año. Finalmente las condiciones naturales en términos de climatología e hidrología del área de análisis no la hacen propensa a sufrir fenómenos de sequía sino de forma más bien puntal en términos espaciales y temporales. Todo ello sugiere que **es sólo posible** que el área de análisis sufra fenómenos de sequía con una frecuencia e intensidad mayores a la que la ha caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacional.

Aumento del Nivel del Mar:

Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de los varios Informes del IPCC señalan un importante incremento del nivel del mar a escala global y en particular en la región del Pacífico y Caribe colombiano. Los estudios llevados a cabo por INVEMAR han confirmado esos alcances, así como las Comunicaciones Nacionales, señalando un incremento de significativa importancia en ambas costas. Aunque este es un fenómeno que tendría lugar en áreas distantes de la de análisis, tiene un efecto indirecto sobre el sistema minero, razón por lo que se considera, en concreto como un evento de muy posible ocurrencia.

- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados a la variabilidad climática:

Oleadas de Calor:

Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de la 3ª Comunicación Nacional señalan un incremento probable significativo de la temperatura máxima en el área de análisis. Referencias y series históricas, señalan que ese incremento ya se está produciendo lo que supone incrementar el n° de días consecutivos cercanos a la máxima temperatura del área. Finalmente las condiciones naturales en términos de climatología y altitud del área de análisis no la hacen propensa a sufrir altas temperaturas, pero si a que con mayor facilidad el incremento esperado se sitúe cerca de la máxima. Todo ello sugiere que es medianamente plausible que el área de análisis sufra fenómenos de oleadas de calor con una frecuencia e intensidad mayores a la que la ha caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacional.

Heladas:

Los resultados que arrojan los escenarios de cambio climático de la 3ª Comunicación Nacional señalan un incremento probable significativo de la temperatura mínima en el área de análisis. Referencias y series históricas, señalan que ese incremento ya se está produciendo lo que supone incrementar el n° de días en que se presentan cambios de temperatura marcados en cortos lapsos de tiempo. Finalmente las condiciones naturales en términos de climatología y altitud del área de análisis hacen propensa a sufrir heladas. Todo ello sugiere que es muy plausible que el área de análisis sufra fenómenos de heladas con una frecuencia e intensidad mayores a la que la ha caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacional.

11.4 Matriz de amenazas directas

A partir de la calificación de los sub eventos amenazantes según la matriz de caracterización de eventos, se verificaron las amenazas directas con ayuda de la matriz diseñada para tal fin y que permite analizar de forma independiente el grado de injerencia de cada sub evento con cada uno de los componentes del sistema minero.

11.4.1 Sub evento inundación

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de inundaciones sugiere la generación de las siguientes amenazas a los componentes del sistema minero:

- Filtraciones debidas a la permeabilidad de los mantos de carbón y las capas de arena que pueden exceder los sistemas de bombeo interno de la mina lo que sugiere alta posibilidad de que se produzcan inundaciones en los túneles que afectarían las actividades extractivas, constituyendo una amenaza al componente extractivo.
- Procesos erosivos sobre las pilas de los patios de acopio lo que sugiere alta posibilidad de que se generen daños en los sistemas de drenaje y en las vías de acceso, constituyendo una amenaza para el componente de almacenamiento temporal.
- Afectaciones a las vías de acceso provocando de forma muy posible situaciones de aislamiento de poblaciones en entornos rurales, así como daños a viviendas y enseres personales. Además se podrían generar problemas en servicios públicos susceptibles como energía, acueducto, alcantarillado. En situaciones de crisis prolongadas esto podría conllevar a riesgos a la salud, todo lo que constituye una amenaza para el entorno del sistema minero.
- Inundación de los patios de acopio y plantas de beneficio y transformación de carbón, (plantas de trituración, clasificación, lavado y coquización) que dificultan el normal funcionamiento.

11.4.2 Sub evento remoción en masa y erosión

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa sugiere la generación de las siguientes amenazas a los componentes del sistema minero:

- Una posibilidad media de ocurrencia de procesos de contaminación de fuentes de suministro de agua potable y daños en las estructuras de almacenamiento, igualmente se puede generar daño físico por caída de rocas o deslizamientos, constituyendo una amenaza para el componente de recursos humanos.
- Una baja posibilidad de cierre de operaciones extractivas o de reducción en la producción por trabajos adicionales de fortificación y restauración de los túneles, sobre todo de acceso al yacimiento, constituyendo una amenaza para el componente extractivo.
- Una alta posibilidad de que se produzcan procesos erosivos en las pilas de almacenamiento y colmatación de los sistemas de trampa de sedimentos en los drenajes, constituyendo una amenaza para el componente de almacenamiento temporal.
- Una alta posibilidad de bloqueo de carreteras afectando la comunicación y la economía de la región debido a la imposibilidad de transportar mercancías y productos agropecuarios.

Adicionalmente, podrían haber daños en infraestructuras y bloqueo servicios públicos (privadas y públicas), lo que constituye una **amenaza para el entorno del sistema minero**.

•

11.4.3 Sub evento comportamiento volumétrico del suelo

La posibilidad de hayan efectos en el comportamiento volumétrico del suelo sugiere la generación de las siguientes amenazas a los componentes del sistema minero:

- **Una baja posibilidad** de efectos de debilitación de los respaldos en los primeros tramos de los túneles debido a incrementos de la presión hidrostática, constituyendo una amenaza para los **componentes de recursos humanos y extractivo**.
- **Una alta posibilidad** de derrumbe y desprendimiento, constituyendo una amenaza para los **componentes de recursos humanos y extractivo**.

11.4.4 Sub evento elevación del nivel del mar

- La posibilidad de que se produzca una elevación del nivel del mar sugiere **una mediana posibilidad** de que se produzca un daño en la infraestructura física de cargue y descargue de carbón en puerto y un debilitamiento de las estructuras por incremento en la fuerza del oleaje, lo que supone una amenaza **para el componente de transporte y comercialización**.

11.4.5 Sub evento olas de calor

- La posibilidad de que se produzcan olas de calor sugiere **una baja posibilidad** de afectación a la agricultura en la región, principalmente el cultivo de papa que no soporta temperaturas superiores a 25°C, lo que constituye una amenaza **para el entorno social, ambiental y de gobernabilidad**.

11.4.6 Sub evento heladas

- La posibilidad de que se produzcan heladas sugiere **una mediana posibilidad** de afectación a la agricultura en la región, principalmente el cultivo de papa que no soporta temperaturas inferiores a 10°C, lo que constituye una **amenaza para el entorno social, ambiental y de gobernabilidad**.

11.5 Matriz de amenazas indirectas

A partir de la identificación de las amenazas directas para cada uno de los componentes del sistema minero, se determinaron las indirectas utilizando la herramienta diseñada para tal fin que

expone las primeras ante cada componente.

11.5.1 Componente administrativo y financiero

- La posibilidad de procesos de contaminación de fuentes de suministro hídrico asociados con remoción en masa y erosión sobre el componente recursos humanos sugiere **una posibilidad media** de afectación a este componente vía mayores costos en acceso a agua potable y fortificación de las estructuras mineras para prevenir accidentes
- La posibilidad de efectos de debilitación de los respaldos en los primeros tramos sobre el componente recursos humanos sugiere **una baja posibilidad** de afectación a este componente vía mayores costos de personal.
- La posibilidad de afectación por ocurrencia de fenómenos de inundaciones sobre el componente extractivo sugiere **una alta posibilidad** de afectación al componente administrativo y financiero debido a la reducción de la producción vendible, el incremento de costos energéticos y de los costos de transporte, teniendo en cuenta la fragilidad de la infraestructura vial.
- La posibilidad de efectos por procesos denudativos sobre el componente extractivo sugiere una **baja posibilidad** de afectación este componente vía mayores costos en reparaciones y fortificación.
- La posibilidad de afectación por debilitación de los respaldos en los primeros tramos de los túneles debido a incrementos de la presión hidrostática sobre el componente extractivo sugiere una **baja posibilidad** de afectación al componente administrativo y financiero
- La posibilidad de efectos por erosión en las pilas de acopio sobre componente almacenamiento temporal sugiere una **mediana posibilidad** de afectación al componente administrativo y financiero por la vía de incremento de costes
- La posibilidad de afectación asociada a elevación del nivel del mar sobre el componente transporte y comercialización sugiere **una mediana posibilidad** de afectación al componente administrativo y financiero dada la imposibilidad de transportar las mercancías vendibles
- La posibilidad de afectación por bloqueo de vías de transporte sobre el entorno del sistema minero sugiere **una alta posibilidad** de afectación al componente administrativo y financiero dada la imposibilidad de transportar las mercancías vendibles.

11.5.2 Componente recursos humanos

- La posibilidad de afectación por ocurrencia de fenómenos de inundaciones sobre el componente extractivo sugiere una **alta posibilidad** de afectación al componente recursos humanos debido a cierres temporales o definitivos por inundación de los túneles.
- La posibilidad de efectos por procesos denudativos sobre el componente extractivo sugiere una **baja posibilidad** de afectación al componente recursos humanos debido a cierres temporales o definitivos por derrumbes en los túneles.
- La posibilidad de afectación por debilitación de los respaldos en los primeros tramos de los túneles debido a incrementos de la presión hidrostática sobre el componente extractivo sugiere una **baja posibilidad** de afectación al componente recursos humanos debido al incremento de la accidentalidad por desplome del techo del túnel.
- La posibilidad de afectación asociada a elevación del nivel del mar sobre el componente transporte y comercialización sugiere una **mediana posibilidad** de afectación al componente Recursos humanos debido al cierre temporal de las operaciones por restricción en la comercialización del carbón.

11.5.3 Componente cadena de suministro

- La posibilidad de afectación por bloqueo (inundaciones y procesos denudativos) de las vías de transporte sobre el entorno del sistema minero sugiere una **alta posibilidad** de afectación al componente Cadena de suministro debido al cierre temporal de las vías de acceso y de interrupción de servicios públicos necesarios para el funcionamiento del sistema minero como es el recurso hídrico, fundamental en los procesos de lavado y coquización.

11.5.4 Componente beneficio y transformación

- La posibilidad de afectación por ocurrencia de fenómenos de inundaciones sobre el componente extractivo sugiere una **alta posibilidad** de afectación al componente beneficio y transformación por carencia de material procesable.

11.5.5 Componente gestión ambiental

- La posibilidad de efectos por erosión en las pilas de acopio sobre componente almacenamiento temporal sugiere una **alta posibilidad** de afectación al componente de Gestión Ambiental debido a la contaminación de fuentes hídricas por falla de los sistemas de control de vertimientos.

11.5.6 Componente entorno social, ambiental y de gobernabilidad

- La afectación al componente de recursos humanos, causado por problemas de salud ocupacional, podría generar conflictos con las comunidades vecinas constituyendo una amenaza media para este componente.
- La afectación al componente de recursos humanos por problemas de seguridad industrial en las minas (accidentes), podría generar conflictos con las comunidades vecinas, lo que constituye una baja amenaza para este componente.

11.6 Matriz de valoración de las amenazas directas e indirectas

A continuación se recogen los resultados de ponderar las amenazas identificadas según su grado de posibilidad, ya señalado anteriormente en cada una de ellas, y su potencial de daño, que se puede comprobar en el Excel adjunto, y de acuerdo a lo señalado en el capítulo metodológico. Ello da lugar a una cualificación de la gravedad de cada una de las amenazas identificadas, que se recoge a continuación.

Se presentan las amenazas situando en primer lugar las directas y luego las indirectas derivadas de las primeras:

- 1ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa sugiere una posibilidad media de procesos de contaminación de fuentes de suministro de agua potable por contaminación asociada a sedimentos o por daño en las estructuras de almacenamiento, o de daño físico en estructuras por caída de rocas o deslizamiento, lo que tiene un potencial medio de dañar al **componente de recursos humanos** constituyendo en síntesis una **amenaza relevante** para el sistema minero.

La posibilidad de este **efecto directo sobre el componente recursos humanos** sugiere una baja posibilidad de afección al **componente administrativo y financiero** vía mayores costos de personal, y con un potencial de daño bajo, por lo que constituye en síntesis una **amenaza secundaria** para el sistema minero

- 2ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de efectos en el comportamiento volumétrico del suelo implica con una baja posibilidad que haya efectos de debilitación de los respaldos en los primeros tramos de los túneles debido a incrementos de la presión hidrostática y sugiere la posibilidad de derrumbe y desprendimiento, lo que tiene un potencial medio de dañar **al componente recurso humanos** constituyendo en síntesis una **amenaza secundaria** para al sistema minero

La posibilidad de este efecto directo **sobre el componente recursos humanos** sugiere una baja posibilidad de afección **al componente administrativo y financiero** via mayores costos de personal y con un potencial de daño bajo, por lo que constituye en síntesis una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 3ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de inundaciones sugiere que se puedan generar filtraciones debidas a la permeabilidad de los mantos de carbón y las capas de arena que pueden exceder los sistemas de bombeo interno de la mina lo que sugiere una alta posibilidad de que se produzcan inundaciones en los túneles que afectarían las actividades extractivas, con un potencial de daño alto al **componente extractivo** constituyendo en síntesis una **amenaza grave** para al sistema minero

La posibilidad de este efecto directo en el **componente extractivo** sugiere una alta posibilidad de **afección al componente administrativo y financiero** por la vía de reducción de la producción vendible e incremento de costes energéticos con un alto potencial de daño constituyendo en síntesis en una **amenaza grave** para el sistema minero

La posibilidad de este efecto directo en el **componente extractivo** sugiere una alta posibilidad de **afección al componente beneficio y transformación** por carencia de material procesable, con un potencial medio de daño, por lo que se constituye en síntesis en una **amenaza grave** para el sistema minero

La posibilidad de este efecto en el **componente extractivo** sugiere una alta posibilidad de afección al **componente transporte y comercialización** por carencia de producto vendible con un potencial medio de daño, por lo que se constituye en síntesis en una **amenaza grave** para el sistema minero

- 4ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y erosión sugieren una baja posibilidad de que se pueden generar procesos que lleven al cierre de las operaciones extractivas, sin embargo, este evento tendría un alto potencial de daño al **componente extractivo**, por lo que se en síntesis constituye en una **amenaza relevante** para al sistema minero.

La posibilidad de este efecto directo en el **componente extractivo** sugiere una baja posibilidad de afección **al componente administrativo y financiero** y con un potencial bajo de daño, por lo que se constituye en

síntesis en una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 5ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de hayan efectos en el comportamiento volumétrico del suelo puede implicar una baja posibilidad de que haya efectos de debilitación de los respaldos en los primeros tramos de los túneles debido a incrementos de la presión hidrostática y sugiere una alta posibilidad de derrumbe y desprendimiento, con potencial de daño bajo al **componente extractivo**, por lo que se constituye en síntesis en una constituyendo una **amenaza secundaria** al sistema minero

La posibilidad de este efecto directo en el **componente extractivo** sugiere una baja posibilidad de afección al **componente administrativo y financiero** con un potencial de daño bajo, por lo que se constituye en síntesis en una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 6ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de inundaciones sugiere que durante éstas los sistemas de acopio de carbón podrán verse afectados por erosión de las pilas de almacenamiento, lo que sugiere alta posibilidad de que se generen efectos en los sistemas de drenaje y en las vías de acceso, con un potencial de daño medio en el **componente de almacenamiento temporal** constituyendo en síntesis una **amenaza grave** al sistema minero.

La posibilidad de este efecto directo en el **componente almacenamiento temporal** sugiere una mediana posibilidad de afección al **componente administrativo y financiero** por la vía de incremento de costes, con un potencial bajo de daño, por lo que se constituye en síntesis en una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

La posibilidad de este efecto directo en el **componente almacenamiento temporal** sugiere una baja posibilidad de afección al **componente beneficio y transformación** por la vía de carencia de material para procesar, con un potencial medio de daño, por lo que se constituye en síntesis en una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 6ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y erosión sugieren una alta posibilidad de que se produzcan procesos erosivos en las pilas de almacenamiento colmatando los sistemas de trampa de sedimentos en los drenajes, con un potencial de daño bajo en el **componente de almacenamiento temporal** constituyendo en síntesis una **amenaza relevante** para el sistema minero.

La posibilidad de este efecto directo en el **componente almacenamiento temporal** sugiere una mediana posibilidad de afección al **componente administrativo y financiero** por la vía de incremento de costes con un potencial bajo de daño, por lo que se constituye en síntesis en una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

La posibilidad de este efecto directo en el **componente almacenamiento temporal** sugiere una baja posibilidad de afección al **componente beneficio y transformación** por la vía de carencia de material para procesar, con un potencial medio de daño, por lo que se constituye en síntesis en una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 7ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de modificaciones en el comportamiento volumétrico del suelo puede implicar una baja posibilidad de que haya efectos de debilitación de los respaldos en los primeros tramos de los túneles debido a incrementos de la presión hidrostática y sugiere una alta posibilidad de derrumbe y desprendimiento, con un potencial de daño bajo en el **componente de almacenamiento temporal** constituyendo en síntesis una **amenaza secundaria** para el sistema minero

- 8ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de que se produzca una elevación del nivel del mar sugiere una mediana posibilidad de que se produzca un daño en la infraestructura física de cargue y descargue de carbón y un debilitamiento de las estructuras por incremento en la fuerza del oleaje, sin embargo, con un alto potencial de daño al **componente de transporte y comercialización** lo que supone en síntesis una **amenaza grave** para el sistema minero.

La posibilidad de este efecto directo en el *componente transporte y comercialización* sugiere una mediana posibilidad de afección al **componente administrativo y financiero** dada la imposibilidad de transportar las mercancías vendibles con un alto potencial de daño al mismo, por lo que se constituye en una **amenaza grave** al sistema minero

11.7 Visita al área de Ubaté

La visita a la Provincia de Ubaté se realizó el día 27 de julio de 2015. A dicha visita asistieron los profesionales Jairo Herrera, especialista en minería, Alejandro Logreira, especialista hidrólogo, Helga Lahmann, coordinadora del proyecto y Rodrigo Jiliberto, director del proyecto. El equipo consultor contó con el acompañamiento por parte de la UPME del profesional especializado Rubén Chancí.

Allí, el equipo consultor sostuvo entrevistas con los siguientes actores:

- Secretaría de Planeación de la Alcaldía Municipal de Guachetá
- Empresa Uniminas
- Secretaría de Planeación de la Alcaldía Municipal de Sutatausa y representante de la Unidad Básica de Atención al Minero (UBAM)

Adicional a las reuniones sostenidas en la visita, se realizó 1 reunión en la ciudad de Bogotá, con la Secretaría de Minas de la gobernación de Cundinamarca.

A continuación se presentan las principales conclusiones de las visitas técnicas y de las reuniones de retroalimentación.

11.7.1 Visitas Técnicas

El equipo consultor realizó la visita con la empresa Uniminas el día 27 de julio de 2015. Atendieron la reunión el Sr. William Guevara, gerente de Uniminas, William Castillo y Héctor López empleados de la empresa.

Se sostuvo una conversación sobre el cambio climático y sus posibles impactos sobre la actividad de la empresa y finalmente se realizó una visita a 3 minas de la empresa.

Con respecto a fenómenos climáticos extremos, se explica que vivieron la primera crisis fenómeno del niño 1997, y esa época organizaron los mineros un paro cívico, entre los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y los Santanderes. Se firmó entonces con el Gobierno un plan de acción para afrontar el fenómeno del Niño y para buscar la sostenibilidad del sector carbón térmico. La sinergia y la economía del carbón térmico son muy diferentes al carbón de tipo exportación. El carbón térmico en Colombia, es casi el 95% de consumo interno. Depende del consumo de térmicas, ladrilleras. El problema en ese momento es que se venía de un invierno fuerte y de una política de generación donde el carbón térmico no se consumía, el carbón en esa época estaba entre 30 y 40 mil pesos. Había además una serie de intermediaciones en la cadena, que dejaban al minero con muy pocos ingresos. A muchos de los pequeños mineros les pagaban en especie, a través de llantas, gasolina y bonos para mercado. No había casi mercado interno. Había una competencia fuerte entre carbones térmicos y coquizables para venderle a 4 grandes empresas que consumían carbón (Termopaipa, Emgesa, Termozipa y Termotasajero).

Después de esto, viene el fenómeno del Niño (época seca) que saca a relucir las deficiencias de la política energética del país. Las hidroeléctricas no podían producir suficiente energía para el país, y no había suficiente respaldo de las termoeléctricas. Después de esto se hace el paro cívico y el Gobierno se compromete como política a incentivar el desarrollo de la pequeña y mediana minería del carbón térmico para cambiar el esquema de generación, y que hubiese siempre un

mínimo garantizado de generación térmica.

Después del 2002-2003 se da la internacionalización de los carbones siderúrgicos. Se abren mercados en el exterior. Es época de bonanza, jalonado por China, que consumía muchos *commodities*, cobre, carbón siderúrgico y térmico y salieron nuevas áreas de explotación que antes no se hacían, como por ejemplo el norte de Boyacá. Se habla entonces de la locomotora minera, pero todo ese desarrollo minero fue coyuntural y sin estar preparados.

En esa época de bonanza minera llegó el fenómeno de la Niña de hace 3 años. La Provincia de Ubaté estaba inundada y no había como sacar el carbón porque las vías estaban inundadas. Solo quedó una vía disponible. Los mineros tuvieron que hacer muchos trabajos, con retroexcavadoras, tratar de hacer zanjas para poder usar las vías, que quedaban como trochas en muy mal estado. Los mineros tuvieron que hacer planes para enfrentar el fenómeno de la Niña, Uniminas por ejemplo tuvo que prestar dinero para ampliar su estación eléctrica (el transformador) e instalar bombas sumergibles a “x” metros de profundidad. En general en la zona no se cumplen con las normas eléctricas para la minería bajo tierra. Adicionalmente, esto trae una sobrecarga sobre el sistema eléctrico de la región, que no da abasto con la demanda de electricidad. Se viene abajo producción, en un momento de demanda de materias primas muy fuerte. Esto sin despedir gente, ya que era época de bonanza (250.000/ton).

Actualmente, que el mercado de carbón se encuentra en una situación crítica, sobretodo el carbón siderúrgico, los mineros de carbón térmico han estado más estables. Esto se debe a que venimos cruzando un fenómeno del Niño fuerte, y las térmicas y las cementeras se aseguraron y firmaron contratos a 2-3 años a unos precios razonables y tienen unos cupos estables. En cambio el carbón siderúrgico se atiene al mercado internacional y sus fluctuaciones. Los proveedores de térmicas que han sido organizados se han sostenido. Así lo deseable para el sector sería tener un precio estable que permita a la pequeña y mediana minería ser sostenible.

En la cadena del carbón siderúrgico, los veranos fuertes afectan la producción del coque por falta de disponibilidad de agua, ya que la coquización depende de un consumo de agua fuerte para el apagado del coque. Existen tecnologías que pueden ayudar a reducir el uso de agua, pero es costoso; en Colombia no se ha avanzado mucho en este sentido.

En cuanto a la afectación ambiental, el proceso de coquización no causa problemas de contaminación de agua (podría causar acidez del agua por el azufre) ya que tienen piscinas de decantación.

Con respecto a problemas en los patios de acopio, comentan que el invierno no debería causar mayores afectaciones. Si el apilamiento no fue construido en un sitio adecuado, cuando vienen las lluvias se inunda, hay arrastre de material y erosión en las pilas. Pero los patios de acopio son muy regulados por la autoridad ambiental, por lo que si se cumplen todos los requisitos de ésta, no deberían haber problemas.

El mayor problema en patios de acopio es la de generación de polvo que aumenta en verano. El carbón para el proceso debe ser muy fino, entonces se genera mucho polvo y hay que humectarlo constantemente. Además, en el verano hay mucho viento, y se esparce el polvillo, también se debe incrementar la aspersión en vías, en los patios y las pilas, todo lo que implica una fuerte demanda de agua.

El caso del pequeño minero es diferente. Cuando hay veranos muy fuertes, el pequeño minero se beneficia, porque debe bombear menos agua fuera de la mina, trabaja mejor y consume menos energía. Ahorro de costos, y además de mayor seguridad en la mina. Sus preocupaciones se limitan a la mina y a sacar el carbón. Para ellos, la época de lluvia es peor: inundación de minas, mayores costos, falta transporte, etc.

En cambio, los mineros medianos deben preocuparse, además de la extracción del carbón, por el entorno, las vías, entre otras cosas. Adicionalmente, para hacer coquización, es imprescindible tener plantas lavadoras, y todas son en medios densos y dependen mucho del agua. Así la mediana minería y el proceso de tratamiento de carbón se afectan por sequía debido a falta de disponibilidad de agua para el control ambiental.

La consultoría indaga por el caso de arcillas expansivas dando el ejemplo del municipio de Samacá. Explican que en Samacá los problemas son por el aumento de caudal de agua bajo tierra, y además se afectan las vías por inundación. Por la formación del terreno no, las minas de la zona están sobre la formación Guaduas, que está casi toda cubierta por cuaternario, que son arcillas y gravas sueltas. Entonces las afectaciones son por deslizamiento y corrimientos en zonas muy superficiales (10-15m). Viene la lluvia y se cierra la bocamina por infiltración de agua.

En cuanto a los riesgos que se pueden presentar en los túneles de acceso, comentan que son muchos, porque la mayoría de minero no tiene un acceso adecuado. Es un tema que afecta a todos los mineros si no se hacen las obras adecuadas. Esto es: buenos accesos bien fortificados, con buenas obras de zanjas de coronación y buen manejo de aguas superficiales. Los pequeños mineros improvisan mucho, hacen un acceso muy sencillo en madera donde no se prevé por donde se va infiltrar el agua cuando empiece a llover.

Se concluye que el fenómeno de arcillas expansivas es un fenómeno que se da a nivel superficial, y por un mal manejo técnico de la explotación. Pero la mayoría de mineros de la zona, ya no tienen tanto ese problema porque tienen mucha experiencia y conocen bien el área.

Otra problemática es que no hay un buen récord del manejo de las explotaciones, falta información de las zonas que ya han sido explotadas. Entonces ocurre que el minero no sabe qué mantos superiores han sido explotados, y cuando llueve muy fuerte se infiltra el agua por todos lados ya que el soporte de los terrenos superiores está fracturado. No hay un manejo integral de las zonas de explotación.

En relación a las oleadas de calor, se comenta que podría ser beneficioso por lo que se encuentran en clima frío. Un tema clave sería la ventilación en las minas, que podría verse afectada si los circuitos cambian. Depende de qué vengan acompañadas las oleadas de calor, si es con un verano muy fuerte, lo que limita la disponibilidad de agua, el impacto puede ser mayor. Si hay verano fuerte pero con disponibilidad de agua, ya iría amarrado a la productividad de la mina, a las horas de trabajo y a los niveles y requerimientos de ventilación para garantizar una atmosfera minera con una humedad relativa adecuada sin violar las normas de seguridad.

Se menciona que la minería del carbón es muy dependiente de la madera para los tajos. Se usa mucho la madera de eucalipto, eso no lo han podido reemplazar. Es un insumo que se encarece mucho, la disponibilidad de esta materia prima depende a su vez de las lluvias. Con inviernos estables, el eucalipto se desarrolla en 7 u 8 años, en época seca se puede tardar hasta 12 años. Además cada vez está más restringida la plantación de eucalipto. Esto porque es un cultivo delicado, que sin las precauciones adecuadas incrementa la erosión de los suelos. En tiempo de inviernos fuertes hay dificultad para obtener la madera, ya que ésta se corta en los bosques donde no hay vías y no pueden entrar y salir los camiones. Se han hecho intentos de reemplazar la madera por madera plástica, son postes de “madera” hechos a partir de material reciclado, pero no se avanzó más debido a la coyuntura actual. Se hizo un Plan Estratégico para garantizar el suministro de madera de la compañía en los próximos años. Este plan incluye un estudio sobre la disponibilidad de la madera (el estudio lo está haciendo un ingeniero forestal economista), estabilizar proveedores externos y la compra de tierras altas para la siembra de eucalipto, y en zonas donde sí se permita la siembra de eucalipto por la autoridad ambiental.

El sector lleva un año y medio fuertemente golpeado, y aunque se cree que el mercado se recuperará en unos 3 años, la pregunta es cuantos pequeños y medianos mineros podrán aguantar hasta ese momento. Lo que se está haciendo actualmente es tratar de buscar la materia prima que antes se importaba, en el mercado interno. Esto debido a la fuerte devaluación del peso frente al dólar y al euro.

Finalmente se concluye que la capacidad de adaptación en la minería de carbón depende mucho del estado del mercado. En este momento, el carbón está pasando por un mal momento, así que la capacidad de adaptación sería baja.

Luego de esta reunión se realizó la visita a tres minas. La primera mina visitada fue la “Mina Casablanca”. Se trata de una mina bien estructurada. Las Fotografía 11-1 a Fotografía 11-6 ilustran la visita a esta mina.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Fotografía 11-1 Mina Casablanca



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Fotografía 11-2 Reservas de Madera para explotación minera



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

La segunda Mina visitada fue una mina un poco más pequeña, aunque cumple con todas las exigencias de seguridad industrial. Las Fotografía 11-3 y Fotografía 11-4 ilustran lo anterior.

Fotografía 11-3 Segunda mina visitada



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Fotografía 11-4 Proceso de vaciar el carbón extraído



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Finalmente se visitó una mina menos estructurada, que Uniminas está acompañando en su proceso de formalización. Las Fotografía 11-5 y Fotografía 11-6 ilustran las condiciones aún precarias de esta mina.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Fotografía 11-5 Ingreso a la mina



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Fotografía 11-6 Estructura de la mina



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

11.7.2 Reuniones de retroalimentación

11.7.2.1 Reunión con la Alcaldía Municipal de Guachetá

La reunión con la Alcaldía municipal de Guachetá se realizó el día lunes 27 de julio de 2015. Atendió la reunión el Secretario de Planeación, Jaime Villalba.

El Secretario explica que el plan de gestión del riesgo del municipio, identifica como principal riesgo la inundación. Han tenido 3 inundaciones fuertes: 2006, 2010 y 2011. El cuerpo de agua que causa la inundación es la laguna de Fúquene, ya que los afluentes de la laguna, principalmente los ríos Lenguazaque y Ubaté, y sus vertientes, se desbordan. Se ha tratado de hacer un dragado por parte de la CAR, pero el costo es muy elevado. La capacidad de recepción de agua de la laguna de Fúquene ha disminuido, ya que la mayoría de municipios que se suministran de ella, incluido Guachetá, no tienen planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), entonces la sedimentación (proveniente de actividades mineras y agrícolas) baja desde la parte de alta y todo esto va a dar a la laguna de Fúquene.

Durante las inundaciones se sufre de pérdida de comunicaciones así como de vías,

principalmente la red terciaria. El deterioro de esta red (terciaria) se debe en gran parte a la minería de carbón. Los vehículos de carga de la actividad están diseñados para 16 toneladas (t) pero los modifican y aumentan su capacidad de carga que puede llegar hasta 24 t, lo que perjudica las vías. Gran parte de las vías terciarias se han mantenido haciendo placa huellas, pero este tipo de obra no está diseñada para soportar vehículos de carga pesada.

En el 2010 y 2011, época de fuertes inundaciones, el municipio perdió la vía principal hacia Capellanía. La inundación fue tal, que se podía andar por ciertos tramos en lancha.

Adicionalmente, en épocas de inundación, el municipio solicita a Codensa que suspenda el servicio de energía en las zonas inundadas para evitar riesgos, por lo que las poblaciones se quedan sin el servicio de energía eléctrica.

En cuanto a la minería, ésta se ve afectada a causa de la filtración de agua hacia las minas, lo que causa inundaciones. Esto implica un bombeo continuo, pero no se suspenden las actividades.

La ventaja para el municipio es que la mayoría de minas están legalizadas, casi el 100%. Gran parte de los mineros están agremiados o asociados y vinculados a empresas más grandes, algunas multinacionales (Milpa, Coquecol, Carbocoque). También hay empresas más pequeñas, como Carbones Andinos, Promicar. La minería en el municipio está bastante consolidada, lo que asegura la seguridad industrial y social para los trabajadores. Si alguna mina no está cumpliendo con los requisitos de seguridad industrial y/o social, entonces las empresas más grandes no les compran su producción.

En invierno también se presentan problemas de remoción en masa en algunas partes, lo que implica el cierre de vías.

En verano, se ven afectados por la sequía que afecta el abastecimiento del acueducto regional número 1; este acueducto tiene la bocatoma en el Páramo de Rabanal. En época seca se ha tenido dar apoyo desde el municipio con carrotanques hacia el acueducto regional.

Finalmente, en cuanto a las heladas, las principales afectaciones son a las actividades agropecuarias, se impactan los cultivos y pastos, y por ende el ganado. Guachetá es el municipio que produce la mayor cantidad de leche en la provincia, y las zonas más inundables es donde más se produce leche, porque allí están los mejores pastos. De igual forma, cuando hay inundaciones, se ve afectada la actividad ganadera, se deben evacuar los animales de los alrededores de la Laguna.

11.7.2.2 Reunión con la Alcaldía Municipal de Sutatausa

La reunión con la Alcaldía municipal de Sutatausa se realizó el día lunes 27 de julio de 2015. Asistieron a la reunión la Secretaria de Desarrollo Económico, Dra. Mireya Rodríguez, y la Unidad

Básica de Atención al Minero, el Sr. Oscar Cano.

Los funcionarios explican que la minería es muy importante en el municipio y la economía municipal depende en un 85% de la minería del carbón. Sin embargo es una actividad muy vulnerable, no se tiene esquema de riesgo en ninguna de las minas.

Se está adelantando un censo minero, hasta el momento han contabilizado 32 empresas, con un promedio de 500 bocaminas. El área municipal es de 67 km². Actualmente están trabajando con los mineros para disminuir el número de bocaminas.

Se explica que las minas más profundas tienen entre 800 m a 1.000 m. La mayoría de minas manejan buzamiento entre el 30% y el 45%, aunque esto cambia según la zona, algunas manejan hasta un 60%.

Por un convenio con la Gobernación, se dictaron unas charlas sobre cambio climático con las empresas más grandes del municipio. Las empresas más grandes, producen entre 1000 y 1500 toneladas (t). Ese proyecto nació como ofrecimiento de la Gobernación al municipio, enfocado a 2 actividades: minería y agricultura. Ya se realizaron las capacitaciones para los 2 sectores.

En cuanto a las afectaciones en época de invierno, el municipio no es tan vulnerable ya que se encuentra en la parte alta. En el fenómeno de la Niña del 2011 por ejemplo, sólo las minas más profundas tuvieron problemas por inundaciones, porque el agua se infiltra y es más difícil bombear el agua. Igualmente hubo problemas con las vías de acceso y por falta de electricidad. Sin embargo, había algunas empresas que estaban preparadas y fueron menos impactadas. También hubo problemas de deslizamientos en las vías.

No obstante, el invierno no aumenta el nivel de accidentalidad en las minas. La problemática mayor que maneja el municipio en cuanto a accidentes en minería es sobre todo por acumulación de gases, porque los mantos tienen bolsas. Derrumbes y otros tipos de accidentes, se presentan poco.

El verano afecta bastante al municipio, porque de forma general llueve muy poco. Sin embargo hay pocos inconvenientes para la minería ya que no se hace lavado de carbón, entonces no hay problemas con respecto a la sequía. Ésta solo afecta el abastecimiento de agua potable, lo que afectaría a la minería en cuanto al consumo en cafeterías por los mineros por ejemplo. Adicionalmente, muchas minas se preparan, y el agua que se bombea, la vierten en tanques de decantación que luego usan para el riego de vías.

La Secretaria explica que la parte climatológica afecta la actividad en cuanto a infiltración agua principalmente. Los demás problemas son más que enfrenta la minería en la zona son de seguridad industrial.

Comenta que por ejemplo se hizo una capacitación de multidetectores con la Secretaria de Minas

de la Gobernación, y se descubrió que muchas empresas tenían multidetector en inglés y que las personas encargadas de medir los gases no lo pueden interpretar por desconocimiento del idioma. Esto es un riesgo muy grande, sobre todo teniendo en cuenta que la mayoría de accidentes que ocurren es por acumulación de gases.

Finalmente, el municipio elaboró su plan de gestión de riesgo que está en ajustes. Los principales riesgos identificados fueron: incendios, remoción en masa en una vereda del municipio por manejo de aguas, contaminación por material particulado e inundación en la zona plana. Se comenta que las enfermedades pulmonares son frecuentes en la zona.

11.7.2.3 Reunión con la Secretaría de Minas de la Gobernación de Cundinamarca

La reunión con la Secretaría de Minas de la Gobernación se realizó el día 29 de julio de 2015. Atendió la reunión la Ingeniera Carolina Diosa.

La Ing. Diosa, explica que la Gobernación incluyó líneas de trabajo relacionadas con el cambio climático en el Plan de Desarrollo. Sin embargo trabajan más desde la mitigación que desde la adaptación. La Secretaría hace seguimiento a las emisiones atmosféricas, a la adopción de nuevas tecnologías y al mejoramiento de prácticas, entre otros aspectos.

En cuanto a las afectaciones a la minería por el invierno, la funcionaria considera que no se presentan problemas en la parte operativa pero sí en la parte logística, sobre todo en lo relacionado con el transporte. Las inundaciones dejan algunas vías inutilizables lo que impide que los mineros puedan sacar la producción.

En cuanto a la caracterización de la minería en la zona, la funcionaria comenta que se trata de una industria poco tecnificada, compuesta por pequeñas y medianas empresas, muy informal. La Gobernación no ha adelantado un censo minero y no dispone de estadísticas propias sobre el número de minas en la zona. Manejan los datos de la titulación minera vigente y de las solicitudes de legalización, que es lo que está registrado ante la ANM. Sobre la minería ilegal no tienen datos.

En cuanto al número de bocaminas presentes en cada título o sobre el número de bocaminas ilegales, no tienen información. Se registra es el título, independientemente del número de bocaminas que haya en el área.

El Ministerio de Minas y Energía inició una fase de caracterización minera, están realizando un censo minero. Hasta ahora sólo hay dos municipios que han sido caracterizados. La información la tiene el Ministerio de Minas.

En el 2010 la Gobernación hizo un censo minero, allí hay conclusiones sobre la minería a nivel departamental. Esta información está disponible en la página de la Gobernación.

11.7.3 Conclusiones de la visita

Las investigaciones realizadas por el equipo consultor se vieron en gran parte confirmadas a través de la visita de campo.

Para la Provincia de Ubaté el IDEAM estima que habría un aumento de las precipitaciones entre el 20 y el 40%, y un posible aumento de la temperatura de entre 0,8°C y 1,5°C. Adicionalmente se estima la intensificación de la variabilidad climática por lo que es posible que se incrementen los fenómenos de heladas.

Ante esto el equipo consultor había identificado como uno de los principales riesgos para la minería las inundaciones en época de invierno. Esto fue confirmado a través de las entrevistas con la Alcaldía de Guachetá y la empresa Uniminas. El municipio tiene identificado como principal riesgo dentro de su Plan de Gestión del Riesgo, las inundaciones, ya que éstas causan la pérdida de las vías (inundadas), la pérdida de comunicaciones (celular, internet), y en muchos casos del servicio de electricidad, que se suspende por precaución. De igual forma la empresa Uniminas, confirma que el invierno causa infiltraciones en las minas, que se ven obligadas a aumentar el bombeo, lo que a su vez genera mayor presión sobre el servicio de electricidad que a veces se interrumpe por sobrecarga. Los mineros que no tienen una buena capacidad de bombeo se ven obligados a dejar de trabajar.

Comentan también que se ven afectados en el acceso a suministros y en la comercialización del carbón ya que las vías quedan intransitables.

En cuanto al verano, este los afecta por escasez del recurso hídrico, para el control de material particulado y sobre todo para el apagado del carbón en el proceso de coquización.

El caso del municipio de Sutatausa es distinto, ya que se encuentra un poco más alto, es una zona donde llueve menos, entonces no se ve afectado por los inviernos, sólo en temas de comunicación por inundaciones de las vías en la parte baja.

El verano los afecta un poco más por escasez de agua para el municipio, sin embargo no consideran que haya afectaciones a la minería ya que en el municipio no se hace lavado de carbón.

PARTE IV: LAS AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO AL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE ORO EN EL AREA DEL BAJO CAUCA; CASO PILOTO

INTRODUCCIÓN PARTE IV

El propósito de esta parte del documento es presentar la aplicación de la metodología expuesta en los capítulos anteriores para identificar los factores de vulnerabilidad de la minería al cambio y la variabilidad climática en un caso específico, el de la minería de oro en el área del Bajo Cauca.

En el primer capítulo de esta parte se recoge una caracterización sistemática, en primer lugar, del sistema minero que es la unidad de análisis del análisis de vulnerabilidad en este caso, el de la minería de oro en el área del Bajo Cauca, que presenta unos rasgos comunes que hacen que pueda considerarse una entidad relativamente homogénea desde una perspectiva productiva.

A continuación se lleva a cabo una caracterización de un conjunto de sistemas naturales del área, clima, hidrología, geotecnia, que permiten aportar información sobre la propensión del área a sufrir los sub eventos derivados del cambio y la variabilidad climática pertinentes para el análisis de vulnerabilidad de la minería. De igual forma se lleva a cabo una caracterización del comportamiento histórico del área de análisis frente a los eventos derivados de la variabilidad climática reciente, que contribuyen de la misma forma a entender la propensión del área frente a estos eventos.

Cierra el capítulo de caracterización una descripción sintética pero amplia de las condiciones socioeconómicas del área de estudio.

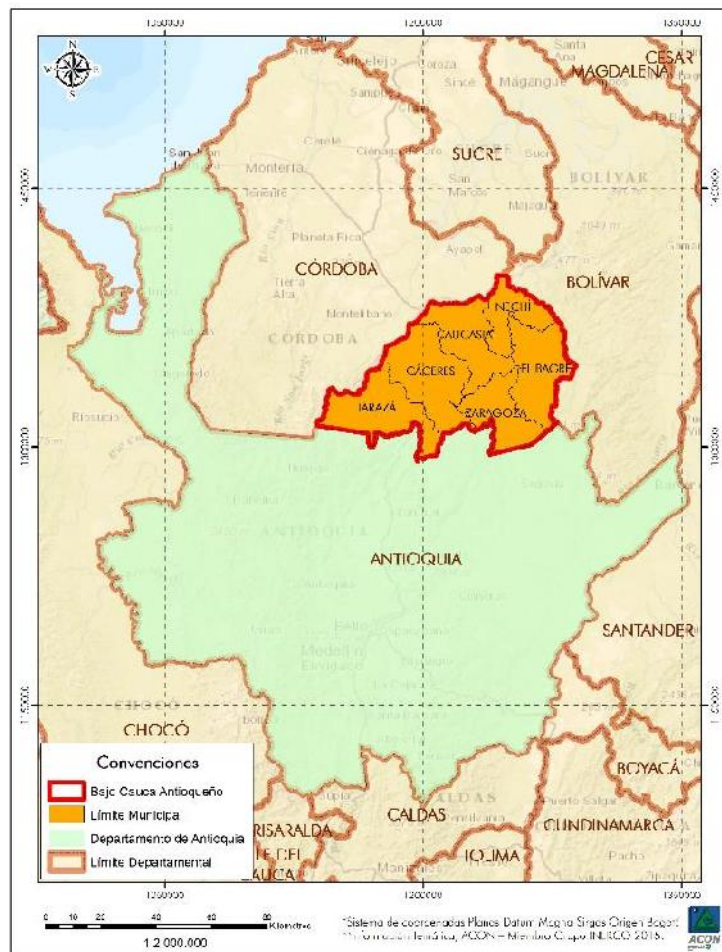
En el capítulo siguiente se lleva a cabo el propio análisis de vulnerabilidad de acuerdo con la metodología planteada utilizando como herramienta operativa las matrices antes descritas. El proceso se inicia con una detallada explicación de las proyecciones de temperatura y precipitación para el área derivadas de las comunicaciones nacionales, así como de estudios regionales disponibles, si es el caso, para luego pasar al relleno de las matrices, actividad que resulta de un trabajo colectivo del grupo de expertos que han realizado el estudio, y que ha sido nutrido de forma relevante por las visitas de campo que constituyen un elemento metodológico relevante. Como colofón, entonces se presentan las amenazas derivadas del cambio y la variabilidad climática identificadas para el sistema minero en cuestión, valoradas según su gravedad.

12. ÁREA DE ANÁLISIS: BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO

La subregión del Bajo Cauca, una de las nueve subregiones en que se divide el departamento de Antioquia, está situada al nordeste del departamento, en las últimas estribaciones de la cordillera Central, zona comprendida entre ambas márgenes del río Cauca, las serranías de Ayapel y San Lucas, en límites con los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar.

La subregión tiene una extensión de 8.485 km², lo que corresponde al 13,5% del total departamental, y está compuesta por los municipios de Cáceres, Caucasia, El Bagre, Nechí, Tarazá y Zaragoza. Ver

Figura 12-1 Bajo Cauca Antioqueño



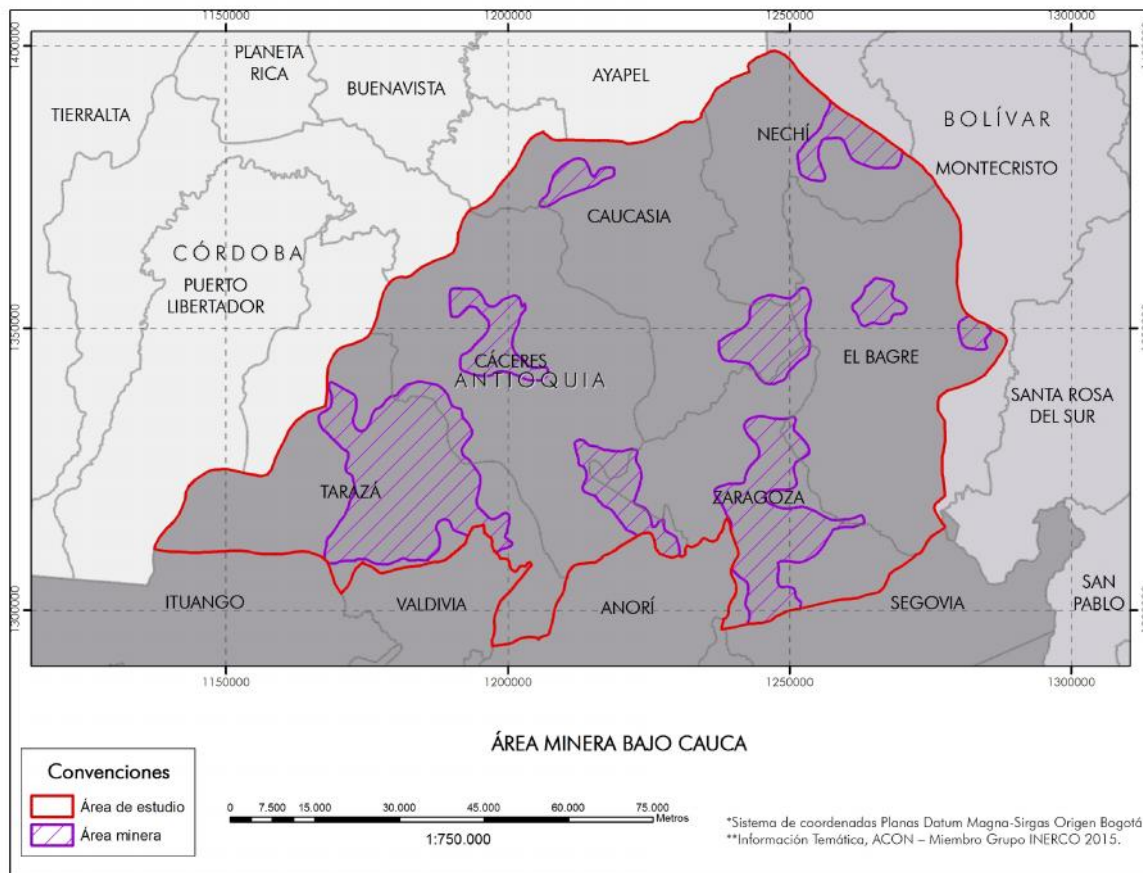
Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

13. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES NATURALES, SOCIOECONÓMICAS Y DEL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE ORO EN EL ÁREA DEL BAJO CAUCA

13.1 Caracterización del sistema minero del área del Bajo Cauca

Este distrito está ubicado en el sector noreste del departamento de Antioquia, en límites con los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar, y lo conforman los municipios de Tarazá, Cáceres, Caucaasia, Nechí, El Bagre y Zaragoza (Figura 13-1). Los yacimientos de placer ricos en oro, plata y, en menor cantidad, platino depositados por los ríos Cauca y Nechí y sus afluentes provenientes de la cordillera Central. En general, el clima se considera cálido con temperaturas máximas de 35°C y abundantes lluvias a lo largo del año.

Figura 13-1 Área minera Bajo Cauca



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

La importancia de la minería en esta región es evidenciada por la historia misma de la región que dio lugar a la fundación de Cáceres en 1576 y Zaragoza en 1580 como centros mineros en donde el oro proporcionó la autonomía y el dinamismo comercial, mientras que la progresiva tecnificación tanto en extracción como en fundición brindaron la estabilidad de los asentamientos humanos (IGAC & Gobernación de Antioquia, 2007).

Aunque la actividad minera ha sido continua a lo largo de la historia, el registro de la primera fiebre de oro en el distrito se remonta al año 1600 y tuvo una duración aproximada de 25 años (IGAC & Gobernación de Antioquia, 2007). Durante la primera década del siglo XX se registró otra bonanza aurífera importante (Arcila, Vargas, & Arias, 2009) y, posteriormente, en la década de los setenta hubo una oleada de barequeros y motobomberos que originaría la introducción de maquinaria pesada como retroexcavadoras y buldóceres junto con motobombas de alta potencia para el lavado del material (UPME & Geominas, 2006).

En el distrito existe un porcentaje alto de extracciones auríferas sin título minero realizadas en ausencia de estudios técnicos que permitan a los mineros contar con programas de planeamiento minero y tener un conocimiento mínimo de las relaciones entre las características geológicas, hidrológicas y climáticas, que en definitiva representan las amenazas, las vulnerabilidades y los riesgos asociados al cambio climático.

En la zona están presentes los cuatro niveles de la capacidad tecnológica y productiva descritos en el capítulo de vulnerabilidad: la minería artesanal o de subsistencia está representada por los barequeros, la pequeña y la mediana están compuestas por unidades productivas semimecanizadas y mecanizadas que cuentan con bombas a presión, draguetas y retroexcavadoras entre otros equipos. La gran minería la representa la compañía Mineros S.A. con una operación de alta tecnología.

La condición de alta dependencia del recurso hídrico en la extracción y el beneficio de los metales preciosos ha dado origen a conflictos con la comunidad que reclama por la contaminación de drenajes y ciénagas y exige mayor disponibilidad de agua en épocas de verano. Adicionalmente, la alta producción de sedimentos ha generado cambios en el paisaje, en especial en la pérdida de canales de drenaje natural que han sufrido fuertes procesos de agradación.

A continuación se describe la situación de la minería distrital según los componentes del sistema minero.

13.1.1 Componente administrativo

De acuerdo con la clasificación utilizada en este documento, el grueso de la actividad extractiva está a cargo de mineros de subsistencia y de pequeña escala que explotan los aluviones auríferos enfrentándolos de acuerdo con las condiciones climáticas existentes, es decir, en épocas

invernales hay mayor actividad en corrientes hídricas menores y en épocas de estiaje se incrementa el aprovechamiento de los lechos de los principales ríos.

Por lo anterior, y excepto la empresa Mineros S.A. que cotiza en la Bolsa de Valores de Colombia, las actividades de planificación están supeditadas a reacciones asociadas con la temporada climática.

A pesar de la carencia de elementos técnicos diseñados para enfrentar condiciones climáticas adversas, estos mineros de subsistencia y de pequeña escala han aprendido a enfrentar estas situaciones sin que la región sufra recortes sustanciales en la producción aurífera durante épocas invernales. Así se observa en los registros oficiales de producción municipal presentados por la Agencia Nacional de Minería y compilados en el Sistema de información minera colombiana - Simco (UPME, 2015), donde se observa que durante la ola invernal de 2010 – 2011, la de mayor intensidad en el período de tiempo analizado (2000 – 2014), tres municipios incrementaron su producción (El Bagre, Caucasia, Zaragoza), dos redujeron su producción sin llegar a alcanzar los niveles más bajos ocurrido en 2006 (Tarazá y Nechí) y sólo uno alcanzó su mínimo de producción en el período.

13.1.2 Componente recurso humano

La subregión del Bajo Cauca antioqueño, junto con la región adyacente del sur de Córdoba y Urabá, están catalogada por el Instituto Nacional de Salud como los tres grandes focos para la producción y la dispersión de la malaria en la región andina (MPS, INS, & OPS, 2007) con cerca del 80% de los casos de malaria registrados en Antioquia entre 2005 y 2010 (Alcaldía de Medellín, 2011); adicionalmente, se ha encontrado una fuerte correlación entre el número de casos reportados de malaria en el Bajo Cauca antioqueño, algunos índices climáticos de macroescala en el océano Pacífico y la ocurrencia de evento El Niño con un semestre de rezago (Estrada, Poveda, & Galeano, 2009). A la malaria se suman la leishmaniosis y el dengue, común y hemorrágico.

13.1.3 Componente de la cadena de suministros

El municipio de Caucasia se considera el eje de la actividad comercial del Bajo Cauca y, en consecuencia, es el sitio natural de abastecimiento de suministros esenciales como alimentos, combustibles, mientras que los servicios profesionales, técnicos y tecnológicos son prestados por la ciudad de Medellín.

El acceso a las áreas mineras puede realizarse por modo carretero o fluvial y, aunque con algunas excepciones, las áreas mineras tienen conexión a las redes eléctricas.

13.1.4 Componente extractivo

La minería aluvial se realiza con operaciones a cielo abierto sobre depósitos del río Cauca y sus afluentes con intensidades variables desde el barequeo hasta explotaciones tecnificadas.

Los sistemas más utilizados para el arranque de material de las terrazas son manuales (pico y pala), motobombas y monitores hidráulicos. Para extraer el material del lecho activo de los ríos se usan dragas y pequeñas balsas con motores de succión llamadas draguetas (UPME & Geominas, 2006, págs. 20-22).

La empresa Mineros S.A., inscrita en la Bolsa de Valores de Colombia, realiza la explotación a gran escala de estos depósitos mediante dragas de cuchara y succión sobre el cauce del río Nechí en territorio de los municipios de El Bagre y Nechí.

En las terrazas antiguas de las corrientes aluviales se realizan explotaciones de diferentes escalas mediante el uso de retroexcavadoras y motobombas a gasolina que arrancan el material con agua a presión.

13.1.5 Componente de almacenamiento temporal

La remoción y la acumulación de suelo y material vegetal durante la preparación de las terrazas para la operación minera no suele realizarse técnicamente en esta región, razón por la cual son comunes las pérdidas y la erosión de las pilas de acumulación.

De igual forma sucede con el almacenamiento de material para ser procesado y las colas de beneficio. Las pérdidas ocurren por erosión de las pilas o por colmatación de los tanques y piscinas de sedimentación.

13.1.6 Componente transporte y comercialización

La producción aurífera tiene como destino preferencial la ciudad de Medellín y se realiza por modo carretero o por vía aérea desde los municipios de Cauca y El Bagre, ambos con rutas frecuentes desde el aeropuerto Olaya Herrera de Medellín.

13.1.7 Componente de beneficio y transformación

Las plantas de beneficio, conocidas como entables, están cerca de corrientes de agua y, según el tamaño de la operación, pueden incluir tolvas, trituradoras, molinos y clasificadores para separar las partículas gruesas de las finas. El material fino se pasa por canalones elaborados con madera o metal con fondo recubierto con mallas o costales que sirven para atrapar el oro.

En esta región se amalgama el material en planchas de cobre recubiertas con mercurio o, para

explotaciones de mayor tamaño que involucran retroexcavadoras se utiliza el mercurio directamente en los canalones. A diferencia de Zaragoza, en los municipios de El Bagre, Nechí, Caucasia y Tarazá la quema de la amalgama se realiza en zonas rurales (MME, UPME, & U. de Córdoba, 2014, pág. 219).

El estudio de la cadena del mercurio realizado por MME, UPME & U. de Córdoba (2014) reporta los siguientes programas que buscan la eliminación del mercurio en la minería:

- Proyecto sobre introducción de tecnologías más limpias en la minería y extracción del oro artesanales en el Nordeste y Bajo Cauca, realizado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial –ONUDI. Los resultados reportados entre 2010 y 2012 dan cuenta de un aporte a la reducción de 35 t anuales de mercurio, su concentración en aire de 1.25 μg a 0.66 μg y la relación de 14 a 7 gramos de mercurio por gramo de oro.
- El programa Biodiversidad Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación – Bioredd+, de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), tiene entre sus proyectos la promoción de la minería responsable en Cáceres, Caucasia, El Bagre, Nechí, Tarazá, Zaragoza, Remedios y Segovia. Dentro de sus metas está reducir en 8 t las descargas anuales de mercurio al ambiente. En Nechí, El Bagre y Zaragoza se proyecta la entrega de tres plantas de beneficio libres de mercurio a organizaciones mineras, cada una de estas reduciría el consumo anual en 0.35 t.
- El Ministerio de Ambiente y el Centro Provincial de Gestión Minero Agro Empresarial del Alto Nordeste Antioqueño se encuentran prestando asistencia técnica integral en Caucasia, Zaragoza, Nechí y el Bagre, para incrementar la productividad mediante mejores prácticas y tecnologías más limpias en el beneficio.

13.1.8 Entorno de las unidades de producción

Los seis municipios que conforman el distrito minero aurífero del Bajo Cauca Antioqueño están localizados sobre extensas planicies aluviales sobre las que se desarrollan actividades extensivas de minería y ganadería.

Geomorfológicamente el distrito minero está compuesto por áreas planas a cóncavas asociadas a las zonas bajas de los ríos donde se han desarrollado complejos de orillares, bajos inundables y ciénagas, donde existe una alta probabilidad de ocurrencia de inundaciones lentas asociadas a los periodos de lluvias dentro de la cuenca. Estas zonas generalmente permanecen encharcadas durante grandes periodos de tiempo imprimiendo fuertes restricciones al uso del suelo, además pueden sufrir encharcamientos debido a lluvias locales (Corantioquia, 2011).

Dentro de los seis municipios del distrito está presenta un complejo cenagoso compuesto por

múltiples ciénagas interconectadas entre sí y con sus afluentes por lo que sirven como amortiguación de inundaciones; sin embargo, las actividades antrópicas y el exceso de sedimentos transportados por los tributarios provenientes de las cordilleras Central y Occidental han afectado los canales de interconexión interviniendo en su función reguladora de crecientes.

13.1.9 Vulnerabilidad Del Sistema Minero Ante Eventos Climáticos

El Bajo Cauca antioqueño está localizado en el sector meridional de la cuenca baja del río Cauca que, como es de esperarse, está constituido por extensas llanuras aluviales y bajos inundables de gran extensión que dan lugar a crecientes lentas.

Por otro lado, las fuertes pendientes de los afluentes del río Cauca y sus principales tributarios en la región como los ríos Nechí, Tenche, El Bagre y Tigüí tienden a generar crecientes súbitas en las corrientes menores.

A continuación se relacionan los diferentes aspectos de vulnerabilidad identificados y sometidos a discusión con múltiples funcionarios públicos y privados durante la etapa de campo.

- Alto grado de dependencia de los recursos estatales para diseñar e implementar soluciones.
- Ausencia de protección en el almacenamiento de suelos y la disposición de colas.
- Baja capacidad para salvaguardar la salud de la fuerza laboral.
- Calado mínimo para la operación de dragas y draguetas.
- Contaminación de las fuentes de agua para consumo humano por efectos de las crecientes súbitas o las inundaciones lentas.
- Débiles soportes empresariales.
- Demanda permanente de recursos económicos y logísticos para enfrentar eventos relacionados con el clima.
- Dependencia de fuentes únicas de agua y electricidad.
- Desconocimiento de las características geomecánicas de los depósitos aluviales.
- Disponibilidad muy limitada de equipos de mantenimiento y reparación.
- Emisión de material particulado a la atmósfera.
- Evaporación del mercurio presente en las colas y generación de cianuro de mercurio por cianuración de estas colas.
- Erosión de pilas de suelo y material vegetal.

- Erosión de taludes en los pozos de extracción aurífera.
- Excedencia de la capacidad de planificación productiva en un área con amenaza alta a inundación lenta.
- Geomorfología susceptible a inundaciones y encharcamientos en períodos invernales.
- Inexistencia de alertas tempranas de situaciones peligrosas.
- Inexistencia de sistemas técnicos de drenaje y filtros en los botaderos de colas.
- Inundación de pozos de explotación minera en terrazas aluviales.
- La disponibilidad de transporte aéreo, carretero y fluvial reduce la vulnerabilidad de este componente y brinda herramientas para la adaptación.
- Las características de relieve llano a ondulado reducen la vulnerabilidad del daño de vías por remoción en masa.
- Modificación natural y antrópica del complejo cenagoso exacerbando la tendencia a la inundación.
- Muy bajo grado de conocimiento técnico de los fenómenos amenazantes.
- Pendientes exageradas en los taludes de las excavaciones.
- Pérdida de capacidad de transporte en épocas secas por agradación de canales.
- Poca capacidad para disponer de recursos económicos durante la emergencia
- Poca desarrollo de obras y actividades de mitigación sobre amenazas identificadas.
- Protocolos de salud ocupacional y seguridad e higiene minera limitados a empresas medianas y grandes.
- Sistemas artesanales de control de vertimientos que serán excedidos ante cualquier incremento en la precipitación.
- Susceptibilidad de los sistemas de suministro eléctrico ante la ocurrencia frecuente de vendavales y tormentas eléctricas.
- Tiempo de residencia y exposición a la intemperie de las colas favoreciendo la generación de lixiviados contaminantes de las fuentes de agua.
- Variación en los niveles de agua de los pozos provocando derrumbes.

13.2 Caracterización hidrológica y climatológica del Bajo Cauca

El presente capítulo, tiene como objetivo la caracterización climatológica de la zona aurífera, presentar las proyecciones de acuerdo a las modelaciones de cambio climático del IDEAM y la introducción de las amenazas derivadas de ello. Para esto se ha acudido a la documentación disponible en las diferentes instituciones con jurisdicción en la zona, además de aquellas a nivel nacional con estudios o actividades en la región.

En la primera parte, se describe la localización geográfica de la zona de estudio, con su respectiva descripción climatológica e hidrográfica. La segunda parte, se centra sobre las proyecciones del comportamiento del clima en el futuro (precipitación y temperatura), para ello, se han analizado las comunicaciones sobre cambio climático que ha efectuado el IDEAM.

La recolección de la información sobre los principales eventos naturales que han afectado la zona y que han sido inventariadas por las agencias durante la última ola invernal, se presentan en la tercera parte. Finalmente, en la cuarta parte, se exponen las principales amenazas para la minería del carbón derivadas de posibles alteraciones ocasionadas por el aumento o disminución de la temperatura y precipitación.

La zona de explotación aurífera se encuentra localizada al norte del departamento de Antioquia (Ver Figura 13-1), conformada por los municipios Tarazá, Cáceres, Zaragoza, Caucasia, El Bagre y Nechí. La explotación del oro se realiza principalmente en los ríos Nechí, Cuca, Man y Tarazá.

Las precipitaciones acumuladas en la región oscilan entre los 3000 mm/año a 5000 mm/año, el principal núcleo húmedo se localiza en la zona de Nechí. La zona de Caucasia presenta precipitaciones medias anuales cercanas a 2500 mm, valor muy similar al presentado en Cáceres, el municipio de Tarazá y El Bagre presenta valores totales anuales de precipitación superiores a 3000, y Zaragoza y Nechí valores superiores a 4000 mm.

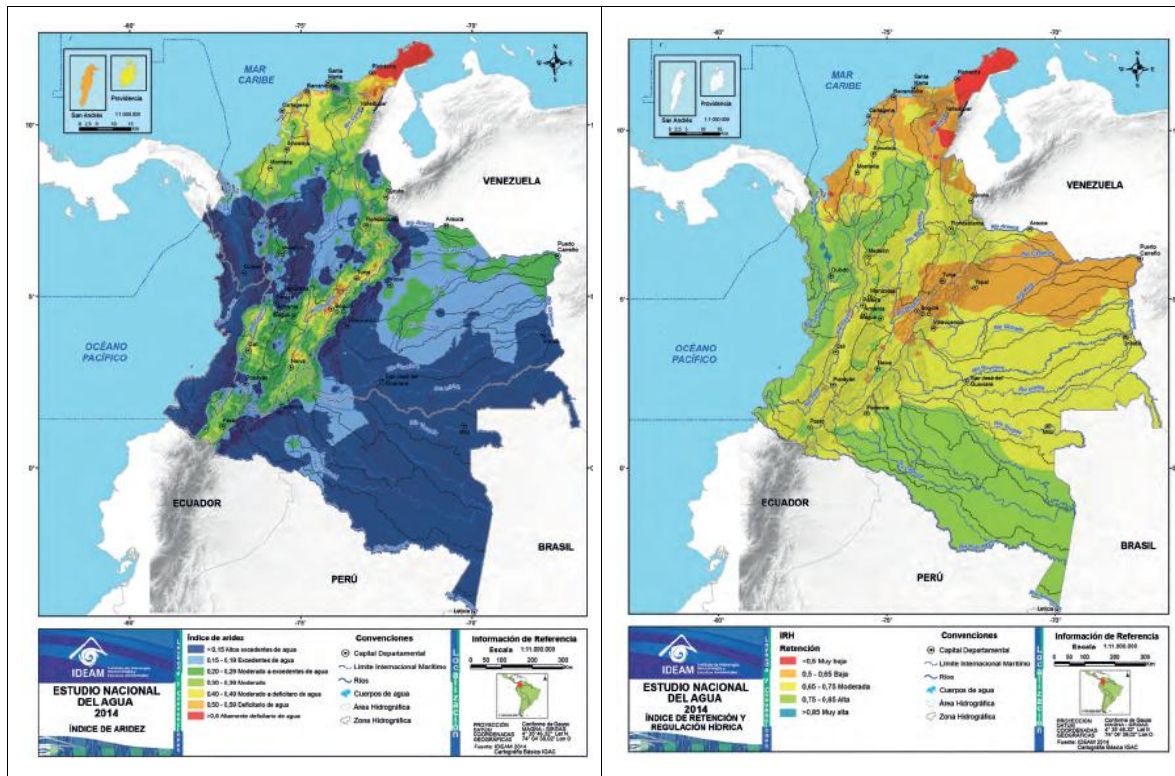
La temperatura media de la región es cercana a los 27°C, Cáceres presenta los mayores valores medio con 28°C y Nechí los más bajos con 26,7°C.

El río Cauca es el principal río de la región, y tiene una longitud de 140 km en Antioquia, posee tierras llanas inundables, en las cuales se asientan las poblaciones de Cáceres y Nechí. Sus principales afluentes son: Río Pescado, la quebrada Valdivia, río Rayo, Tarazá y Man. La principal fuente fluvial para la explotación aurífera es el río Nechí, también un valle amplio de tierras inundables, allí se asientan las poblaciones de El Bagre y Zaragoza. Sus principales afluentes son: quebrada San Pedro, río Amacerí, El Bagre y río Cacerí.

13.2.1 Estudio Nacional del Agua 2014

En el Estudio Nacional del Agua realizado por el IDEAM en 2014, se evalúan las condiciones de oferta y demanda hídrica de las poblaciones a nivel nacional. Para los municipios de la zona aurífera se señalan condiciones húmedas. El índice de aridez, muestra los grados de excedencia y la regulación hídrica e índice de retención presentan valores altos (Ver Figura 13-2).

Figura 13-2 Índice de Aridez e Índice de retención y regulación hídrica



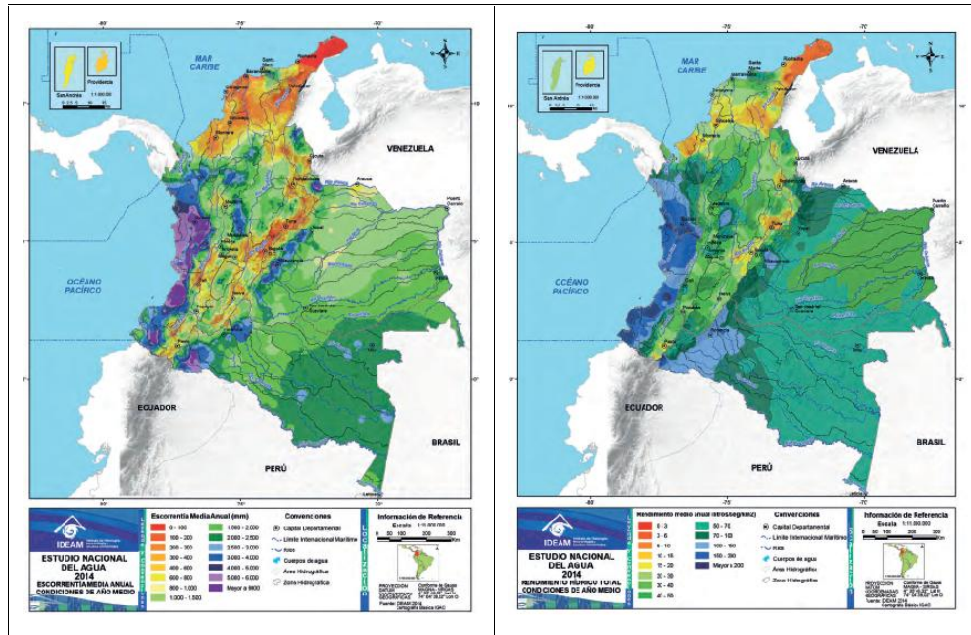
Fuente: ENA, 2014.

Con respecto a la escorrentía y rendimientos hídricos el área de estudio, esta se encuentra por encima de la media nacional, con valores para año medio de 2000 mm de escorrentía y de 80 l/s/km² (Ver Figura 13-3). Las condiciones de oferta hídrica para año seco se ven reducidas casi a la mitad con valores de 800 mm y 40 l/s/km², para escorrentía y rendimientos hídricos respectivamente (Figura 13-4). Por otra parte, en condiciones de año húmedo se presentan valores de escorrentía cercanos a los 6000 mm, mientras que los rendimientos hídricos de la zona se presentan valores cercanos a los 150 l/s/km² (Figura 13-5).

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Adicionalmente el ENA (2014), presenta un mapa de amenaza ante inundaciones para diferentes periodos de retorno (TR 2,33 años y 20 años), mostrando a la zona de estudio con leve vulnerabilidad ante las inundaciones (Ver Figura 13-6).

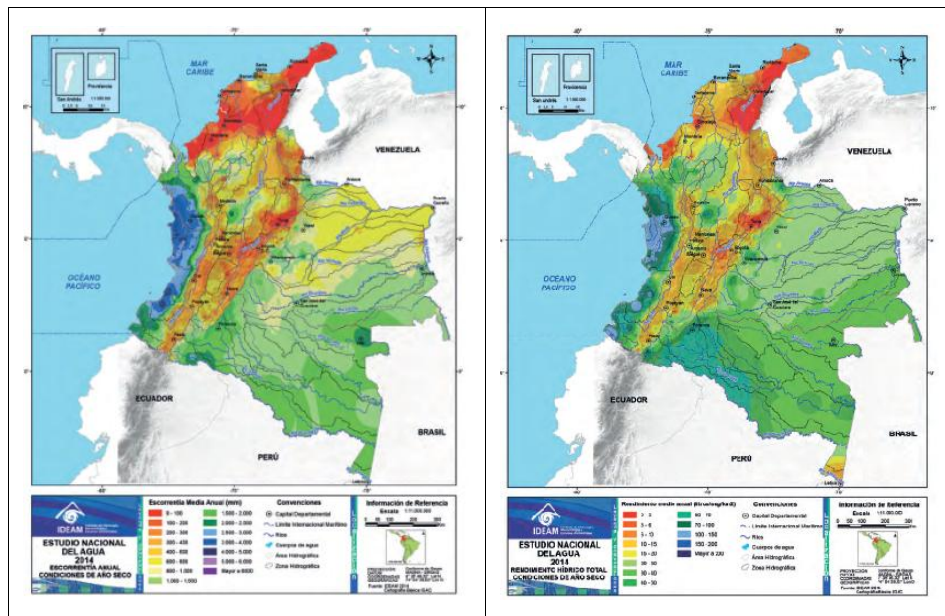
Figura 13-3 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año medio



Fuente: ENA, 2014.

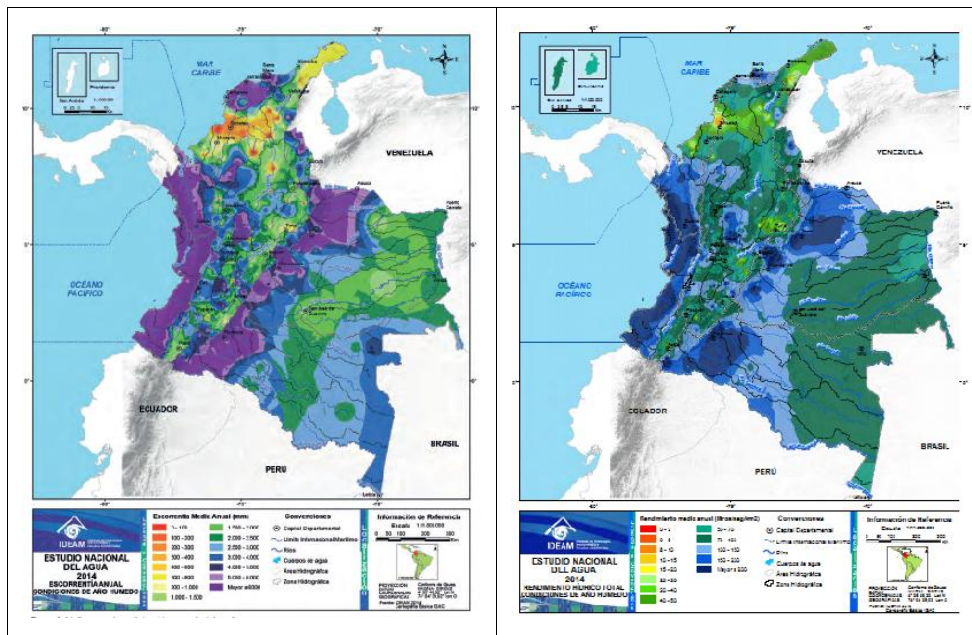
Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 13-4 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año seco



Fuente: ENA, 2014.

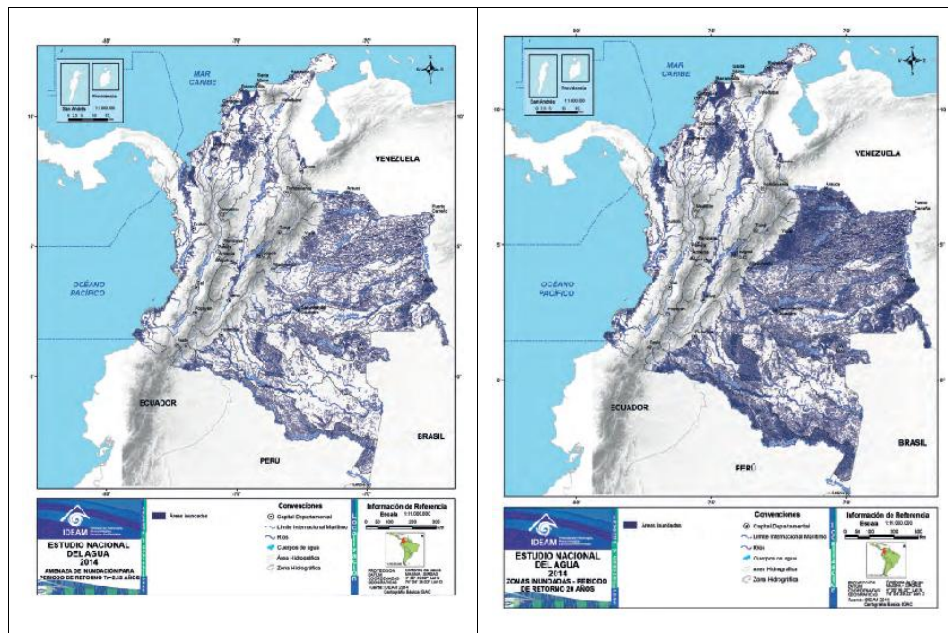
Figura 13-5 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año húmedo



Fuente: ENA, 2014.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 13-6 Amenaza ante inundaciones para diferentes periodos de retorno



Fuente: ENA, 2014.

13.2.2 Comportamiento durante eventos climatológicos extremos (condición El Niño – condición La niña)

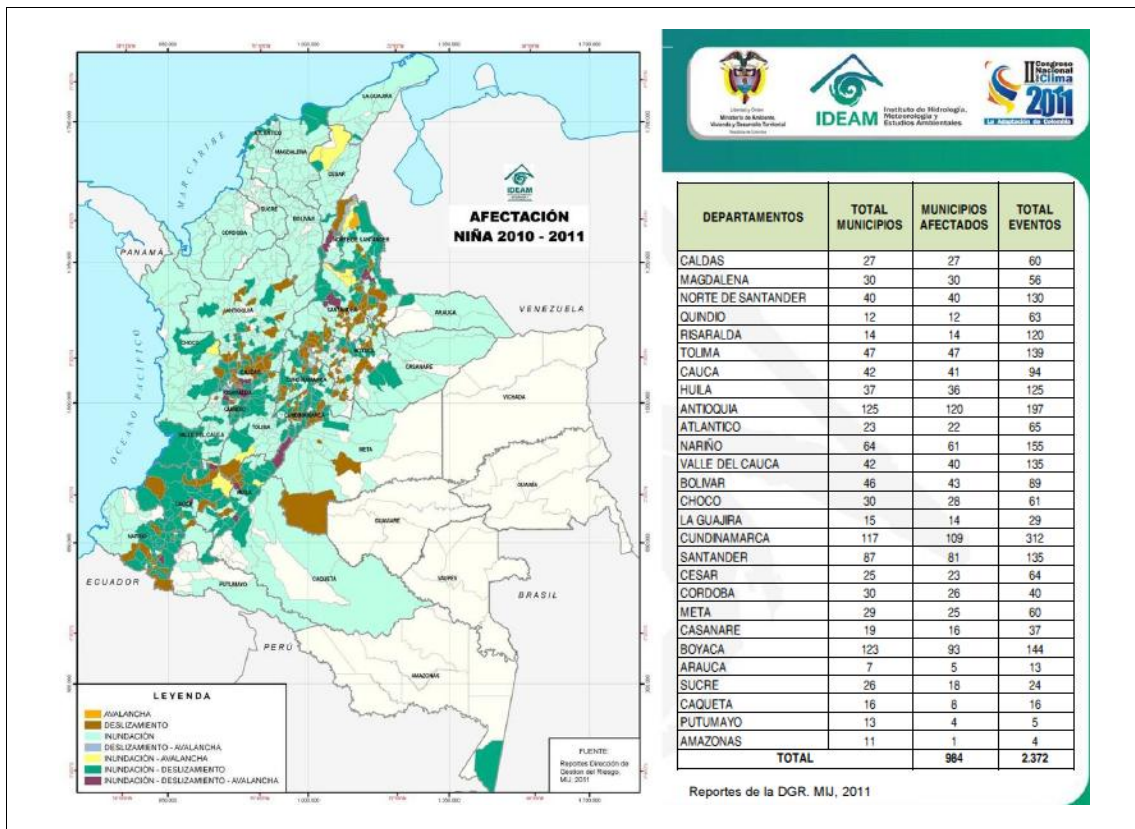
Para conocer el estado de vulnerabilidad de la zona de estudio ante eventos extremos (Condiciones Niño y Niña), se ha acudido a la información disponible en las instituciones del Estado que tratan de inventariar fenómenos como inundaciones, remociones en masa e incendios forestales principalmente.

El IDEAM elaboró un reporte nacional de los eventos presentados durante el periodo Niña 2010-2011, en donde se puede observar que Antioquia es el segundo departamento con más eventos. La zona de estudio presenta eventos de inundación como los que más afectan (Ver Figura 13-7).

Adicional a esto, la gobernación de Antioquia presentó un mapa de inundación, en donde la zona del bajo cauca presenta condiciones de vulnerabilidad entre intermedia y alta (Ver Figura 13-8).

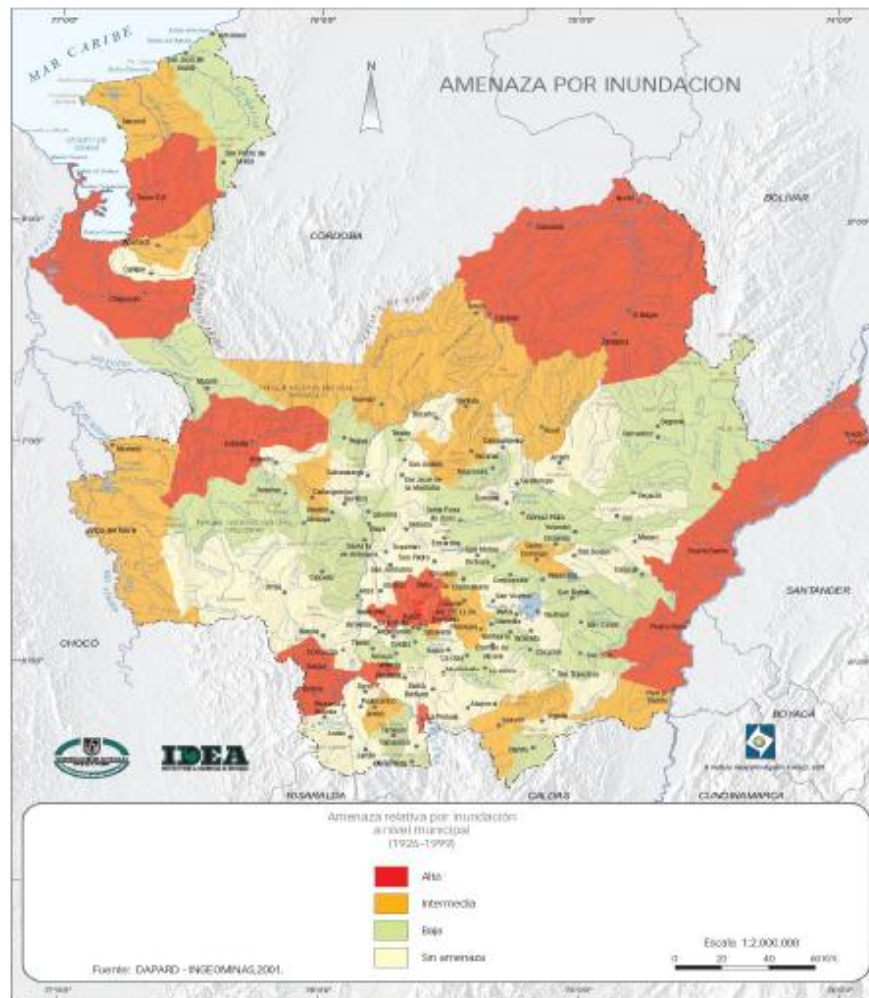
Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 13-7 Inventario Inundaciones y Remoción en masa



Fuente: Presentación IDEAM II Congreso Nacional del Clima.

Figura 13-8 Amenaza por Inundación



Fuente: Instituto para el Desarrollo de Antioquia –IDEA, 2001

13.3 Caracterización de geotécnica del área del Bajo Cauca

Esta sección tiene como objetivo la caracterización geotécnica de los municipios Nechí, Caucaasia, Cáceres, Zaragoza, El Bagre y Tarazá pertenecientes al departamento de Antioquia. Aquí se recopila la información disponible en las instituciones de orden nacional.

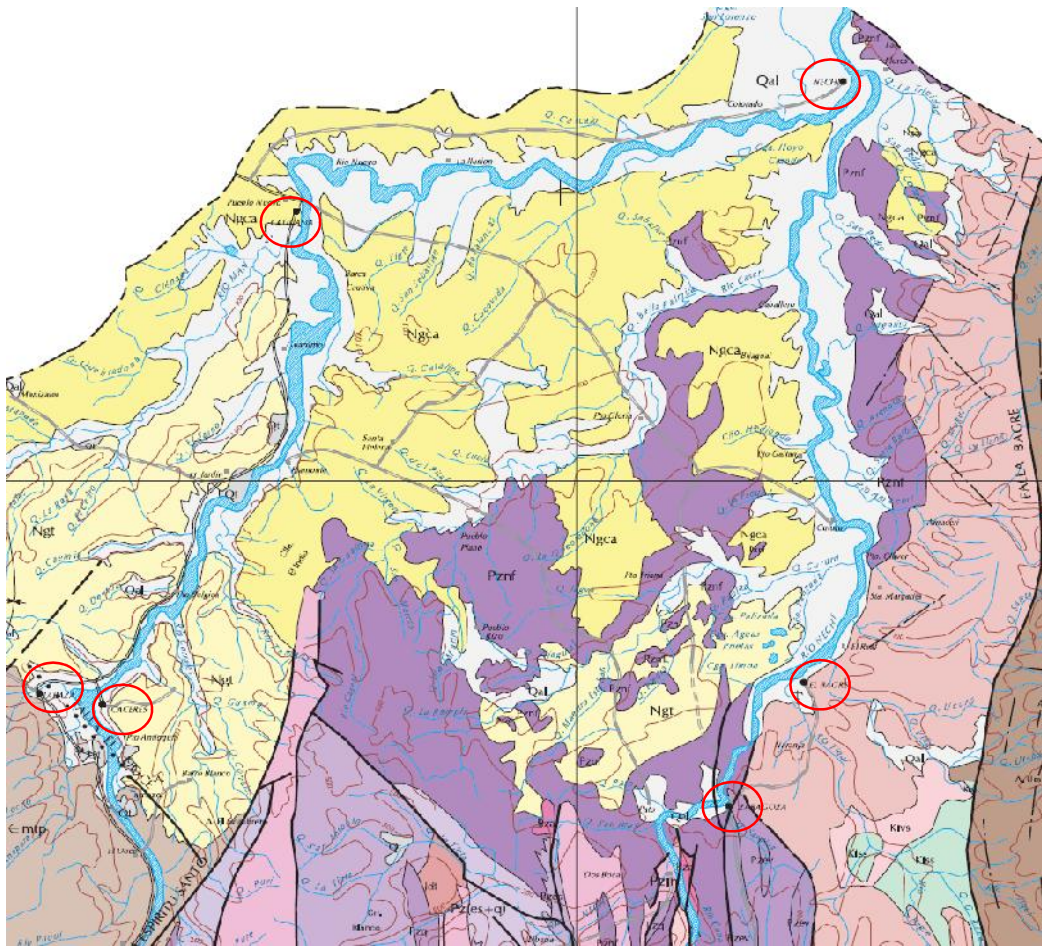
En este documento se caracterizan cuatro municipios del departamento de Antioquia: Nechí, Caucaasia, Cáceres, Zaragoza, El Bagre y Tarazá. Esta zona tiene vocación principalmente minera, específicamente de oro.

13.3.1 Geología

El municipio de Nechí se encuentra asentado sobre sedimentos fluviales (Qal) dejados por el río Cauca en su continuo movimiento, dejando planicies de Inundación, trayendo materiales finos limo-arcillosos. El sur del municipio se encuentra constituido por cantos rodados de origen ígneo y metamórfico. El espesor de los suelos aluviales es muy variable, son una mezcla de material de arrastre y desprendimiento, conformado por fragmentos de suelo sin estratificación.

Geológicamente el municipio de Caucasia, está conformado por la Formación Caucasia (Ngsa), la cual está constituida por conglomerados de guijarros y bloques de rocas metamórficas (gneises y granulitas), en una matriz areno arcillosa. Esta formación está en contacto inferior con las rocas metamórficas del Complejo de Puquí, en una transición de conglomerados a areniscas.

Figura 13-9 Geología municipios de interés del departamento de Antioquia



LEYENDA GEOLÓGICA

Pzev
Esquistos Actinolíticos
y Cloríticos

Qal
ALUVIONES RECIENTES

SEDIMENTITAS

Qt
TERRAZAS ALUVIALES

Jdse
BATOLITO DE
SÍGÜVIA
(Diorita)

Ngt
Ngt FM. TARAZA
Ngt FM. CAL-CAMA

Fuente: Ingeominas

Los municipio de Cáceres y Tarazá, al igual que Nechí se encuentran sobre depósitos aluviales (Qal) y terrazas aluviales (QT) conformados por terrazas del río Cauca, donde se identifica superficialmente materiales arcillosos arenosos, esporádicamente con algunos bloques de roca volcánica. En profundidad se identifican gravas de bloques y guijarros, embebidas en una matriz areno-lodosa. Los bloques son provenientes de rocas volcánicas y plutónicas de chert negro.

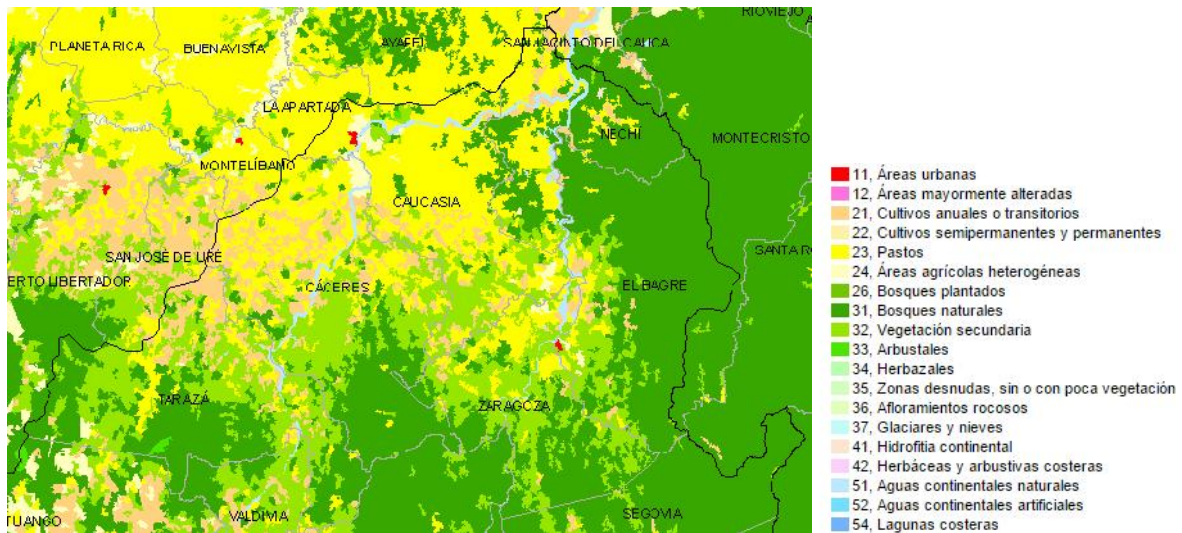
Geológicamente el municipio de Zaragoza está conformado por Esquistos actinolíticos y cloríticos (Pzev), pertenecientes al conjunto de rocas del Complejo Cajamarca, constituidas por rocas metamórficas de la cordillera Central. Predomina en estas unidades dos tipos de esquistos intercalados con cuarcitas y neises. El Grupo Cajamarca agrupa unidades metamórficas de extensión regional como el Grupo Ayurá-Montebello y el Grupo Valdivia, conformados por esquistos, cuarcitas y mármoles.

En el municipio de El Bagre, se identifica el Babolito de Segovia (Jdse), ubicado en el flanco este de la cordillera Central, el cual tiene una longitud de 270 km. El batolito se encuentra constituido por dioritas cuarzosas, que varían de masivas a fuertemente néisicas en zonas de fallas. Adicionalmente el batolito incluye neises cuarzosos del Protorozoico, el cual tiene contacto en dirección norte – sur a través de las fallas de El Bagre y Palestina

13.3.2 Cobertura del suelo

En la Figura 13-10 se muestra la cobertura del suelo de los municipios de interés de Antioquia. La zona se caracteriza por estar cubierta por pastos especialmente hacia el norte, pequeños cultivos y vegetación que varía entre arbustos y bosques.

Figura 13-10 Cobertura del suelo



Fuente: SIGOT

13.3.3 Zonificación sísmica

Los municipios de interés del departamento de Antioquia poseen dos zonas sísmicas catalogadas

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

como intermedias con aceleración A_a de 0.15 y 0.20g. De los municipios de interés el único con A_a de 0.20g es Tarazá, los demás tienen A_a de 0.15g.

Figura 13-11 Zonificación Sísmica



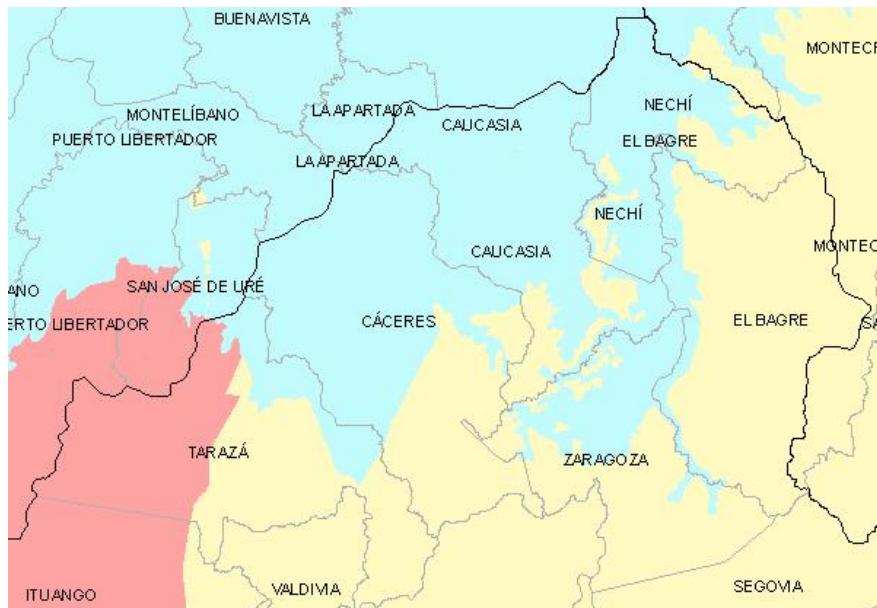
Fuente: SIGOT

13.3.4 Amenaza por remoción en masa

De acuerdo con la información publicada en el SIGOT la amenaza por remoción en masa en la zona posee grado: Baja, media y muy alta.

Cada una de los grados se define por la diferencia en pendiente de acuerdo con la topografía en la zona. La zona plana corresponde a categoría baja. La distribución en cada uno de los municipios se muestra en la siguiente Figura.

Figura 13-12 Amenaza por remoción en masa



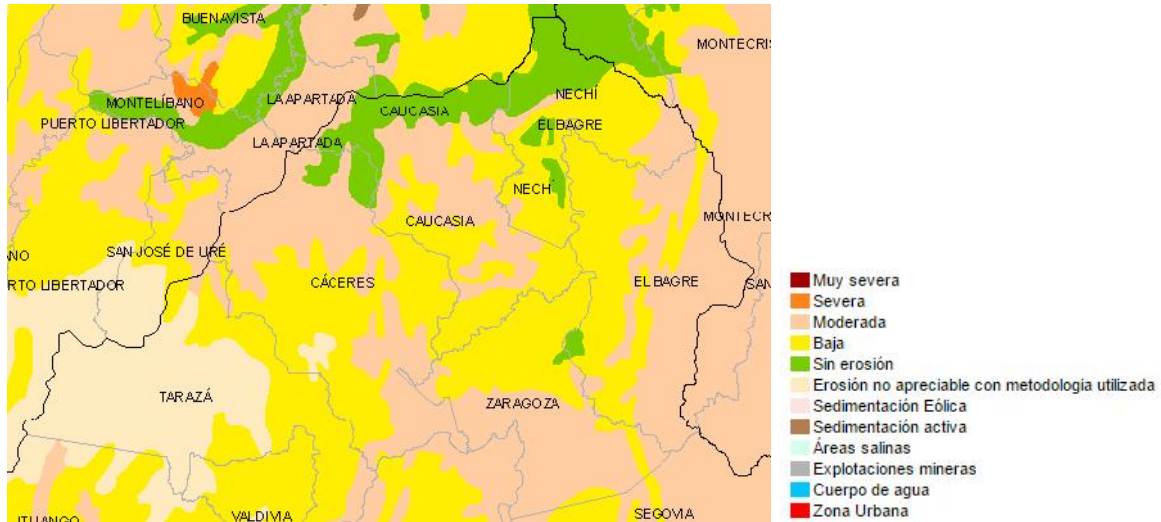
GRADO	CARACTERÍSTICAS	PROCESOS
MUY ALTA 	Asociada a formaciones de litología variada en la Provincia I y II del Occidente con rocas sedimentarias y coberturas coluviales. Estas formaciones están afectadas tectónicamente de manera apreciable y en consecuencia presentan gran fracturamiento y cizallamiento.	Alta concentración de deslizamientos y otros procesos.
ALTA 	Rocas sedimentarias y cristalinas muy cizalladas. Alto gradiente topográfico e intenso fracturamiento con presencia de milonitas en zonas de falla. Pertenecen a zonas de alto desarrollo e intervención antrópica un poco menor al de las zonas de categoría alta.	Alta recurrencia de movimientos en masa. En zonas de rocas metamórficas comunes deslizamientos y avenidas torrenciales.
MEDIA 	Zonas con relieve fuerte y condición débil inherente o adquirida de los materiales expuestos: suelos, saprolitos, rocas de dureza moderada o rocas duras muy fracturadas.	Deslizamientos y flujos de detritos. Intenso cárcavamiento asociado.
BAJA 	Rocas blandas o depósitos poco consolidados en regiones de relieve moderado. Comprende altiplanos y zonas cubiertas por depósitos aluviales.	Predominio de erosión concentrada y diferencial. Presencia de deslizamientos.
MUY BAJA 	Asociadas a áreas de paisajes llanos, con baja a nula pendiente, con depósitos recientes y precipitación variable.	Erosión diferencial y desprendimientos.

Fuente: SIGOT

13.3.5 Erosión

En la Figura 13-13 se observa la distribución de la erosión. En la zona de interés la erosión es baja y moderada y hacia el norte del departamento no se tiene erosión.

Figura 13-13 Erosión



Fuente: SIGOT

13.4 Caracterización socioeconómica del Bajo Cauca

13.4.1 Perfil Demográfico

La subregión del Bajo Cauca Antioqueño cuenta con una población en su mayoría urbana, con el 60,6% de la población de la región que habita en las cabeceras municipales.

Gran parte de la población de la subregión se concentra en el municipio de Caucasia, con 112.168 habitantes en el 2015 según las proyecciones demográficas del DANE. Le siguen en orden de importancia los municipios de El Bagre (49.583) y Tarazá (42.641). El municipio que cuenta con menor número de habitantes es Nechí (26.591) (DANE, 2005).

Las necesidades básicas insatisfechas (NBI) en la zona son altas, ningún municipio se encuentra por debajo del 50%. El municipio con el índice de NBI más elevado es Nechí con un indicador de 68,1%. El municipio que se encuentra mejor en cuanto a este indicador es El Bagre con un INBI de 50,8%, aunque este sigue siendo un alto índice para este indicador, ya que quiere decir que el 51% de la población aproximadamente tiene necesidades básicas insatisfechas.

Según una caracterización de la subregión realizada por la Gobernación de Antioquia, se observa una tendencia de crecimiento de la población localizada en las cabeceras municipales, escenario que trae como consecuencia una limitación en la oferta de servicios básicos ante el aumento de la demanda. Esta problemática se acentúa con el fenómeno de la acumulación en

la propiedad de la tierra, lo que conlleva la construcción de barrios de invasión que se localizan en zonas de precarias condiciones de vida.

La Tabla 13-1 muestra en detalle los datos demográficos de los municipios que componen la subregión.

Tabla 13-1 Perfil Demográfico Bajo Cauca Antioqueño

Municipio	Población			Ubicación		NBI
	Total	% Hombres	% Mujeres	% Urbano	% Rural	
Cáceres	37.806	53,4	46,6	23	77	66,8
Caucasia	112.168	48,9	51,1	82,2	17,8	52,4
El Bagre	49.583	50,8	49,2	52,3	47,7	50,8
Nechí	26.591	51,9	48,1	53,1	46,9	68,1
Tarazá	42.641	50	50	62,6	37,4	62
Zaragoza	30.738	51,2	48,8	45,5	54,5	64,3

Fuente: Proyecciones Demográficas del DANE 2005-2020, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En cuanto al crecimiento demográfico, los municipios presentaron un crecimiento en promedio de su población entre el 2005 y el 2015 de 23,2%, crecimiento superior a la media departamental (13,6%) y nacional (12,4%) para ese mismo periodo. La tasa de crecimiento promedio anual de la subregión fue de 2,1% en ese mismo lapso de tiempo, igualmente superior a al promedio de crecimiento anual del departamento (1,3%) y al nacional (1,2%) (DANE, 2005).

El municipio que presentó mayor crecimiento poblacional fue Cáceres, cuya población aumentó de 30.6% entre el 2005 y el 2015, con un crecimiento anual promedio de 2,7%. Le sigue en orden de importancia Tarazá con un crecimiento total de 29,4% y un crecimiento anual promedio de 2,6% en ese mismo periodo.

Presentó menor crecimiento dentro de la subregión el municipio de El Bagre, con una variación de su población entre el 2005 y 2015 de 7,7%, y un crecimiento anual promedio de 0,7%.

La Tabla 13-2 muestra el crecimiento anual promedio de los municipios que conforman el área de estudio. La Gráfico 13-1 muestra el consolidado del crecimiento poblacional de la subregión,

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

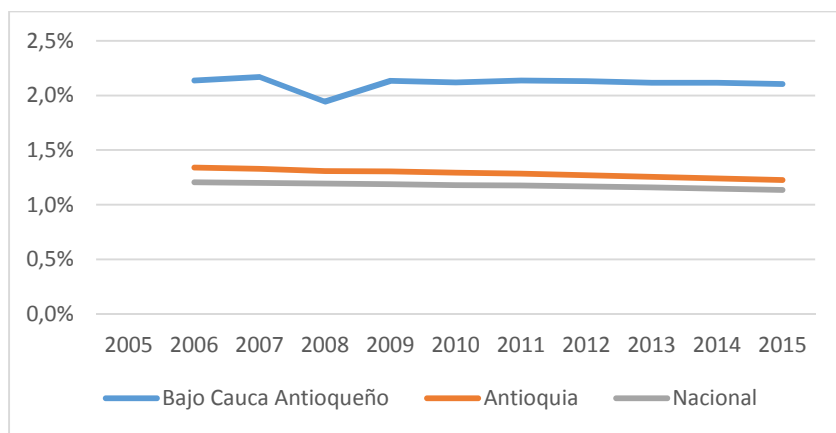
con respecto al crecimiento departamental y nacional.

Tabla 13-2 Crecimiento Demográfico

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cáceres	2,6%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%	2,7%
Caucasia	2,6%	2,6%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,4%
El Bagre	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	0,8%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%
Nechí	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,5%	2,6%	2,6%	2,5%	2,5%	2,5%
Tarazá	2,7%	2,7%	1,2%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%
Zaragoza	1,4%	1,4%	1,4%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%
Antioquia	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%	1,2%
Nacional	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,1%	1,1%

Fuente: Proyecciones Demográficas del DANE 2005-2020, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Gráfico 13-1 Crecimiento Demográfico Bajo Cauca Antioqueño



Fuente: Proyecciones Demográficas del DANE 2005-2020, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

13.4.2 Servicios Públicos y Sociales

13.4.2.1 Servicios Públicos

La cobertura en servicios públicos es regular, 3 de los 5 servicios públicos básicos se encuentra con una cobertura promedio inferior al 50%. Sólo los servicios de energía eléctrica y acueducto se encuentran por encima del 50%, con una cobertura de 80,7 y 61,1 respectivamente (DANE, 2005). La energía eléctrica es el servicio con mayor cobertura en todos los municipios, el mayor nivel de cobertura en el municipio de Caucasia (93,3%) y el de menor cobertura en Zaragoza con 68,3%.

Caucasia es el único municipio que cuenta con todos los servicios públicos de base, casi todos ellos con altas coberturas a excepción del gas natural y de la telefonía fija.

Nechí tiene muy baja cobertura en gran parte de los servicios públicos, particularmente en el servicio de alcantarillado que tiene una cobertura de tan solo el 2,2%.

La Tabla 13-3 muestra en detalle la cobertura de servicios públicos en los municipios que conforman la subregión.

Tabla 13-3 Servicios Públicos

Municipio	% cobertura				
	Energía Eléctrica	Alcantarillado	Acueducto	Gas Natural	Teléfono
Cáceres	76,3	42,6	47,6	--	18,2
Caucasia	93,3	78,6	82,3	28,2	41,9
El Bagre	83	42,2	73,8	--	29,3
Nechí	74,1	2,2	42,5	--	19,5
Tarazá	89	57,9	66,5	--	16,9
Zaragoza	68,3	42,4	53,7	--	24,6

Fuente: Censo General DANE 2005, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

13.4.2.2 Servicios Sociales

A. Salud

Todos los municipios cuentan con atención de primer nivel, prestada por el hospital municipal. En algunos casos existen otras entidades prestadoras de servicios de salud de carácter privado. Sólo el municipio de Caucasia cuenta con atención de segundo nivel. En general, en la subregión los casos que requieran este tipo de atención son dirigidos hacia Caucasia, y en caso de que allí no se les pueda brindar la atención necesaria, se trasladan entonces hacia la ciudad de Medellín, o Montería en el departamento de Córdoba.

En cuanto a la cobertura del régimen de salud, esta es alta en todos los municipios, donde la mayoría de habitantes están afiliados al régimen subsidiado de salud. La mejor cobertura la tendría el municipio de El Bagre, donde todos sus habitantes están afiliados a la seguridad social, el 81% afiliados al régimen subsidiado y el 19% restante hace parte del régimen contributivo.

El municipio la tasa más baja de cobertura sería Zaragoza, con el 22,4% de la población que no está afiliada a ningún régimen de salud.

La Tabla 13-4 muestra en detalle la infraestructura, cobertura en salud y tipo de atención disponible en cada municipio.

Tabla 13-4 Servicios de Salud

Municipio	Tipo de Infraestructura	Tipo de atención	Cobertura/ Régimen	
Cáceres	1 Institución Pública 2 IPS privadas 4 centros de salud rural	Primer Nivel	R. Subsidiado	77,9%
			R. Contributivo	2,5%
			No afiliados	19,6%
Caucasia	1 IPS Pública (2do nivel) 19 Instituciones privadas	Primer Nivel y Segundo Nivel	R. Subsidiado	61,7%
			R. Contributivo	26,2%
			No afiliados	12,1%
El Bagre	1 Institución Pública 5 Instituciones privadas	Primer Nivel	R. Subsidiado	81,4%
			R. Contributivo	18,6%
			No afiliados	0%
Nechí	1 Institución Pública 1 Instituciones privadas	Primer Nivel	R. Subsidiado	79,2%
			R. Contributivo	5,9%
			No afiliados	14,9%
Tarazá	1 Institución Pública 4 Instituciones privadas	Primer Nivel	R. Subsidiado	73,4%
			R. Contributivo	5,9%
			No afiliados	20,7%
Zaragoza	1 Institución privada	Primer Nivel	R. Subsidiado	69,2%
			R. Contributivo	8,4%
			No afiliados	22,4%

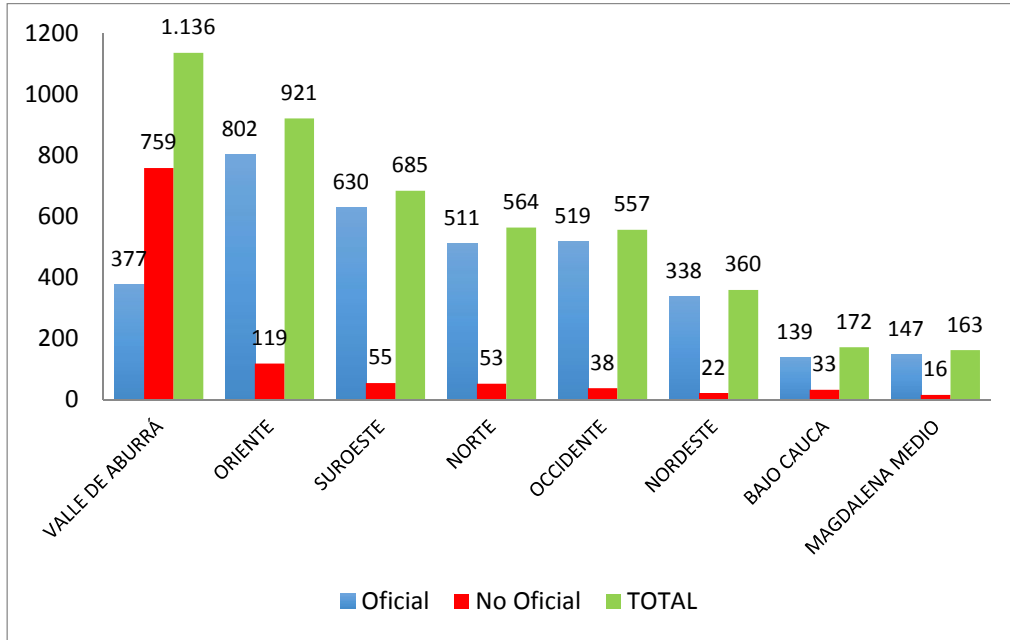
Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015 basado en Planes de Desarrollo Municipal 2012-2015 y Anuario Estadístico de Antioquia 2012

B. Educación

La subregión del Bajo Cauca cuenta con 172 instituciones educativas para educación primaria, secundaria y media. Es la penúltima región en cuanto a número de instituciones educativas en el departamento de Antioquia, seguida sólo por la subregión suroeste. La Figura 13-14 muestra el número de centros e instituciones educativas con las que cuenta el departamento según las

subregiones que lo conforman.

Figura 13-14 Instituciones Educativas de Antioquia por Subregión



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015 basado en Anuario Estadístico de Antioquia 2012

Dentro de la subregión, la tasa de analfabetismo es alta, en promedio es de 22,5%, a pesar de que las tasas de cobertura en educación primaria en todos los municipios son altas. En la educación secundaria el nivel de cobertura decae notablemente. Esto puede deberse tanto a la dificultad de acceso (por ejemplo las escuelas rurales sólo brindan educación primaria, y para seguir estudiando los alumnos deben desplazarse hasta la cabecera municipal) o porque muchos niños empiezan a trabajar y dejan de estudiar.

La Tabla 13-5 muestra en detalle las tasas de cobertura bruta en educación de cada municipio, así como la cantidad de instituciones educativas y las tasas de analfabetismo.

Tabla 13-5 Servicio de Educación

Municipio	Cobertura (%)		Infraestructura	Tasa de Analfabetismo ⁵
	Primaria	Secundaria		
Cáceres	107,9	52,3	1 Centro Educativo 10 Instituciones Educativas 4 Instituciones privadas	24,7%
Caucasia	97,6	55,8	7 Centro Educativo 13 Instituciones Educativas 8 Instituciones privadas	17%
El Bagre	150	87,5	24 Centro Educativo 7 Instituciones Educativas 8 Instituciones privadas	20,2
Nechí	155,2	51,3	34 Centro Educativo 5 Instituciones Educativas 4 Instituciones privadas	23,5
Tarazá	108,48	38,9	18 Centro Educativo (10 escuelas rurales) 9 Instituciones Educativas 6 Instituciones privadas	25,4%
Zaragoza	132,1	57,6	2 Centro Educativo 9 Instituciones Educativas 3 Instituciones privadas	24,2%

Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015 basado en Censo General DANE 2005, Planes de Desarrollo Municipal 2012-2015 y Anuario Estadístico de Antioquia 2012.

13.4.3 Actividades Económicas

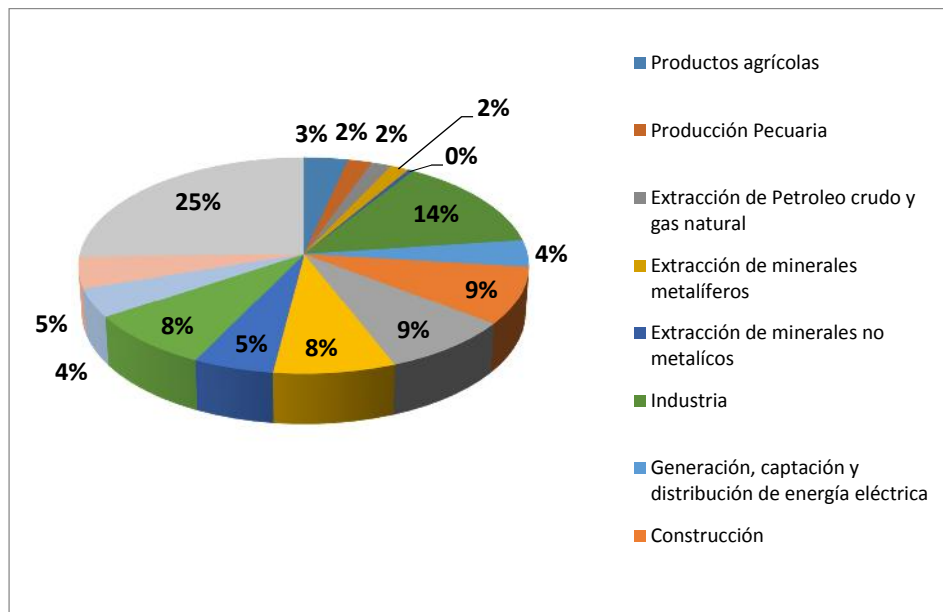
La economía antioqueña ha estado tradicionalmente vinculada a la producción de café, la extracción de oro y a la industria, actividades que fueron vitales para el desarrollo de la región. En la actualidad, estas actividades siguen siendo importantes, pero no son la principal fuente de riqueza, que está basada en el sector de servicios. Este sector, localizado principalmente en la subregión del Valle de Aburrá, aportó en el 2007 el 29% del PIB departamental (Gobernación

⁵ Mayores de 15 años que no saben leer ni escribir. Fuente: Censo DANE 2005.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9 de Antioquia, 2009).

El Producto Interno Bruto (PIB) del departamento en el 2012 fue de \$87.212 mil millones de pesos, aportando el 13,1% al PIB nacional (Banco de la República, 2013), situándose como el segundo departamento que más aporta, después de Bogotá D.C. Las actividades que más aportan al PIB departamental son las industriales (14%), el comercio (7,9%) y los servicios a empresas (8,4%). La Figura 13-15 muestra el porcentaje de participación de las principales actividades económicas del departamento al PIB.

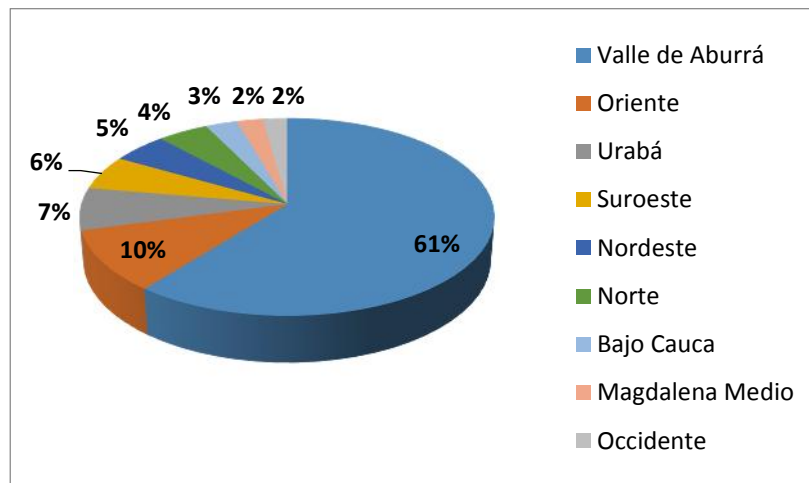
Figura 13-15 Participación de Principales Actividades Económicas al PIB departamental



Fuente: ACON, 2015 basado en Informe de Coyuntura Económica Departamental, 2013

La subregión del Bajo Cauca es de las que menos aporta al PIB departamental (2,8%), superando solamente a las subregiones de Magdalena Medio y Occidente. La Figura 13-16 muestra la participación en el PIB departamental de las 9 subregiones de Antioquia. Allí se puede observar que la mayoría de la riqueza se concentra en la región central (Valle de Aburrá) donde está ubicada la capital departamental.

Figura 13-16 Participación en el PIB Departamental de subregiones



Fuente: ACON, 2015 basado en Perfil Bajo Cauca, 2009

En cuanto a la economía de la subregión, la mayor participación la tiene la minería (18,4%), seguida por el sector de comercio, hoteles y restaurantes (4,6%) y por servicios sociales, comunales y personales (4,2%) (Gobernación de Antioquia, 2009). La importancia de estos dos últimos sectores podría explicarse por la dinámica de la explotación aurífera, los cultivos ilícitos y el hecho de ser un lugar geográficamente estratégico, ya que es la puerta a la costa norte colombiana desde de la ciudad de Medellín. La actividad comercial tiene como epicentro el municipio de Caucasia.

Se debe destacar que esta subregión se ha visto fuertemente afectada por el conflicto armado y el narcotráfico, lo que ha influenciado fuertemente sus actividades económicas, como la ganadería extensiva, los cultivos ilícitos y la explotación minera, que a su vez generan otras problemáticas de tipo social, como lo son el desplazamiento de poblaciones de zonas rurales a zonas urbanas (Gobernación de Antioquia, 2009).

A continuación se describen los principales sectores de la economía de la subregión del Bajo Cauca.

13.4.3.1 Sector Primario

La vocación agrícola más importante está en el cultivo de yuca y arroz. En la subregión se cosechan 6.337 hectáreas (ha) de arroz para una producción de 17.033 toneladas (t), y 2.284 ha de yuca, para una producción de 40.610 t en el 2011 (Agronet, 2011). Otros cultivos importantes son el Plátano (7.023 t) y el maíz (4.186 t) (Agronet, 2011).

El municipio con mayor producción agrícola es Cáceres, con 4.164 ha sembradas y una producción agrícola de 21.333 t. El de menor producción agrícola sería Caucasia con 1.515 ha sembradas y una producción agrícola de 7.621 t.

La Tabla 13-6 muestra los principales cultivos en los municipios que conforman la subregión del Bajo Cauca.

Tabla 13-6 Principales Cultivos por Municipio

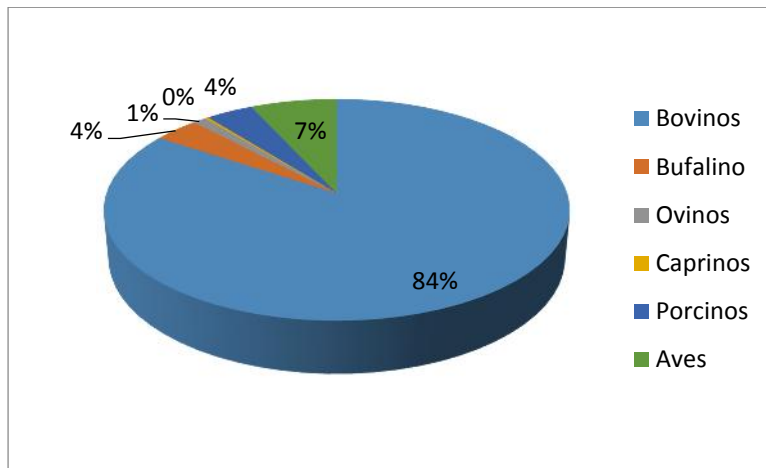
Municipio	Cultivo	Área Cosechada (ha)	Producción (t)
Cáceres	Yuca	476	11.900
	Ñame	305	4.575
Caucasia	Yuca	206	5.150
	Arroz	530	1.465
El Bagre	Yuca	780	11.700
	Arroz	1.255	2.470
Nechí	Arroz	2.000	6.950
	Yuca	250	3.000
Tarazá	Yuca	280	4.480
	Plátano	340	2.550
Zaragoza	Arroz	1.940	5.430
	Yuca	292	4.380

Fuente: ACON 2015, basado en Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA), Agronet 2011

En cuanto a las actividades pecuarias, es importante la ganadería bovina, principalmente para la producción doble propósito (67,2%), seguida de por la producción de carne (26,2%), ya que las características de la zona son favorables para esta actividad (llanuras aluviales y colinas bajas en inmediaciones del río Cauca y Nechí) (Gobernación de Antioquia, 2012).

La subregión cuenta con 285.589 cabezas de ganado bovino lo que corresponde al 13,1% del total departamental, ubicándose en el tercer lugar en cuanto al inventario bovino (Gobernación de Antioquia, 2012). La Figura 13-17 muestra la importancia de la ganadería bovina en la región con respecto a otras actividades pecuarias, el ganado bovino representa el 84% del total del inventario pecuario (Gobernación de Antioquia, 2012).

Figura 13-17 Actividades Pecuarias en el Bajo Cauca



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015 basado en Inventario Agropecuario Antioquia, 2012

La Tabla 13-7 muestra en detalle el inventario pecuario por municipio.

Tabla 13-7 Inventario Pecuario Bajo Cauca

Municipio	Bovinos	Bufalino	Ovinos	Caprinos	Porcinos	Aves
Cáceres	70.878	2.110	785	45	9.910	638
Caucasia	123.863	8.074	1.602	444	550	0
El Bagre	12.141	478	334	0	2.400	7.000
Nechí	25.660	0	592	25	0	0
Tarazá	33.707	800	28	139	0	15.900
Zaragoza	19.340	835	323	259	0	0
Total	285.589	12.297	3.664	912	12.860	23.538

Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015 basado en Inventario Agropecuario Antioquia, 2012

13.4.3.2 Sector Secundario

Históricamente, al Bajo Cauca se le conoce por su minería aurífera, tanto en explotación aluvial como de veta; la primera se ha realizado en los municipios de El Bagre, Zaragoza y Nechí, mientras la minería de veta se ha ejecutado principalmente en Zaragoza y en menor proporción

en Cáceres. Esta característica de ser una subregión rica en oro, ha opacado un poco otras actividades económicas como la ganadería, la pesca, la extracción forestal y la agricultura, las cuales podrían ser alternativas potenciales para sacar adelante a la subregión (INER, 2003, p. 51).

Según información de la gobernación de Antioquia, la subregión del Bajo Cauca es la tercera productora de oro del departamento con el 26,1%. El primer lugar lo ocupa la subregión Nordeste con el 41% y el segundo lugar la subregión del Magdalena Medio con el 30,3% (Porras, 2012).

Es también importante la producción de plata. El departamento de Antioquia es el primer productor nacional, en el 2012 produjo 10.067 kg de plata, de los cuales Antioquia aportó el 52% (Porras, 2012).

A nivel departamental la producción se concentra en el Nordeste, que aporta el 50,6% de la producción, seguido por las subregiones Suroeste (25,9%), Magdalena Medio (11,7%) y el Bajo Cauca con el 8,9%. En el Bajo Cauca se destacan El Bagre y Tarazá como los principales productores (Gobernación de Antioquia, 2009).

En el sector manufacturero sobresale la industria de alimentos y bebidas, particularmente la producción de almidones, productos de panadería y bebidas no alcohólicas. Además, la fabricación de textiles y confecciones; productos de madera y muebles; imprenta y fabricación de productos metálicos (Gobernación de Antioquia, 2009). El 7,7% de las empresas registradas en el Bajo Cauca pertenecen a la industria manufacturera (Cámara de Comercio de Medellín, 2013).

13.4.3.3 Sector Terciario

Dentro de este sector se encuentran las actividades comerciales y de servicios, así como el turismo.

El sector comercio es el tercero más importante por su participación en el PIB departamental (14,4%). En la subregión del Bajo Cauca es también un sector importante, que tuvo un crecimiento acelerado y muy ligado al desarrollo de las actividades mineras.

Una característica que distingue a éste sector son los altos precios que maneja a raíz de los elevados costos de transporte, bien por las distancias o las bajas especificaciones viales, y en especial, porque la subregión no produce los bienes de consumo que demanda, lo que obliga a importarlos en su gran mayoría (Gobernación de Antioquia, 2009).

El 52,2% de las empresas registradas en la subregión se dedican a esta actividad, y el 97% de ellas son microempresas (Cámara de Comercio de Medellín, 2013).

Los servicios tienen una participación menor en la economía subregional, el 4,2% de las empresas se dedican a esta actividad, y son todas microempresas (Cámara de Comercio de Medellín, 2013).

En cuanto al turismo es una actividad aún incipiente que se está desarrollando. Muchos de los municipios desean reorientarse hacia esta actividad económica. Entre los atractivos turísticos presentes en la subregión están la ruta del oro, y otros atractivos históricos y culturales como la imagen española del Santo Cristo de Zaragoza donada por los reyes de España.

Igualmente, se encuentra la Gran Reserva Forestal del Bajo Cauca-Nechí, con 79.557 ha de área boscosa sin intervenir. La reserva se encuentra en jurisdicción de los municipios de Anorí, Cáceres, Cauca y Zaragoza (Gobernación de Antioquia, 2009).

Sin embargo la región aún no cuenta con la infraestructura y los servicios asociados suficientes como para recibir gran número de turistas. La subregión cuenta con 236 empresas que se dedican a actividades asociadas al turismo (Cámara de Comercio de Medellín, 2013).

13.4.4 Mercado Laboral

En el departamento de Antioquia el 80,9% de la población se encuentra en edad de trabajar y la tasa global de participación es del 64% (Banco de la República, 2013). La tasa de ocupación a nivel departamental en el 2013 fue de 57,7%, y la tasa de desempleo fue de 9,7%, ésta última es superior a la media nacional registrada en ese mismo año (8,2%) (Banco de la República, 2013).

En el caso del Bajo Cauca, la población en edad de trabajar para el año 2012 fue de 74,6% (Porras, 2012). Según un estudio elaborado por USAID, la tasa de desempleo en la subregión para el año 2012 fue de 5%, casi la mitad del promedio departamental (Fundación Ideas para la Paz, USAID, 2014).

En cuanto a la generación de empleo, el sector agropecuario es el más importante en la subregión, con el 50,8% de la población que se emplea en este sector. En segundo lugar se encuentra el sector comercio (27,1%) y en tercer lugar los servicios (15,8%) (Gobernación de Antioquia, 2009).

Se encuentra una alta relación de dependencia en la subregión, en promedio del 63% para el año 2012, superior a la media departamental (52,2%) (Porras, 2012). Es un índice preocupante, ya que indica que hay un alto número de población que depende económicamente de los que se encuentran empleados en su hogar, situación que termina por agravar las problemáticas sociales de la subregión. Los municipios que presentan una mayor tasa de dependencia económica son Cáceres y Tarazá (ambos con 71%) y el que presenta una menor tasa es Nechí,

con el 59%, tasa que sigue siendo bastante elevada.

13.4.5 Infraestructura de transporte

La subregión cuenta con 2 aeropuertos, uno en el municipio de Caucasia y otro en el municipio de El Bagre. El aeropuerto de Caucasia movilizó 35.112 pasajeros y 425 t de carga en el año 2009, y el aeropuerto del Bagre 10.283 pasajeros y 198 t de carga (Gobernación de Antioquia, 2009).

En cuanto a la malla vial, el Bajo Cauca tiene la red vial menos desarrollada del departamento de Antioquia. La baja densidad vial de la subregión contrasta con la mayor densidad que tiene la parte montañosa del departamento de Antioquia y las sabanas del sur de Córdoba. Las vías son escasas, en ocasiones discontinuas y muchas de ellas transitables solamente durante períodos secos (Alcaldía Municipal de Cáceres, 2012).

El acceso al municipio de El Bagre, por ejemplo, no se encuentra pavimentado (24 km) y está en mal estado, lo que en muchos casos dificulta el acceso. En total el municipio tiene 67 km de vías terciarias en mal estado y sin pavimentar (Ministerio de Trabajo, 2013).

El municipio de Nechí también es un caso crítico, con el 94% de la malla vial que necesita mantenimiento (85 km), 2,5 km se encuentra en buen estado y 2,5 km están pavimentados (Alcaldía Municipal de Nechí, 2012).

Las limitaciones de esta red vial afectan la movilidad de los ciudadanos y les impiden una mayor integración a las actividades económicas y a las dinámicas sociales. Adicionalmente, el aislamiento incide de manera determinante en el emprendimiento de actividades económicas ilegales.

14. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE LA MINERÍA DEL ORO EN EL BAJO CAUCA

14.1 Análisis de la información derivada de los escenarios de cambio climático

Con las evidencias sobre el cambio climático a nivel nacional y mundial, el Instituto de Estudios Ambientales –IDEAM-, ha presentado una serie de estudios sobre este fenómeno, los cuales pretenden alertar a los diferentes municipios sobre las posibles condiciones de precipitación y temperatura que se podrían presentar durante el siglo XXI.

Con el propósito de estudiar estas proyecciones sobre la zona, se han escogido la segunda y tercera comunicación del IDEAM, ya que la región no cuenta con estudios o modelaciones relacionadas con el cambio climático.

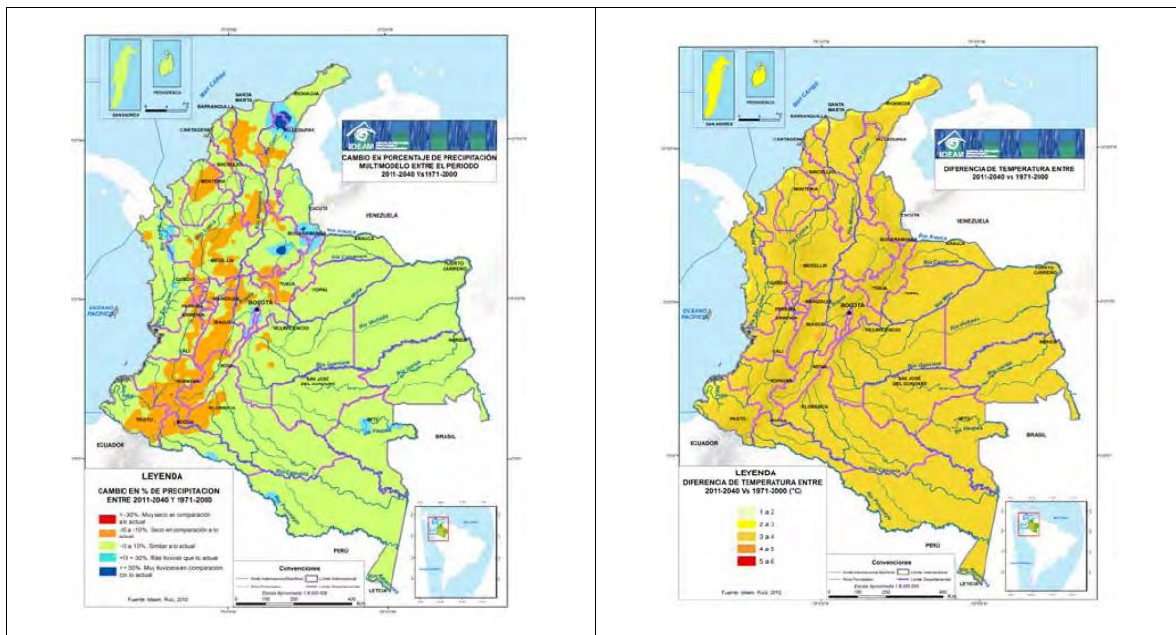
14.1.1 Segunda comunicación

Durante 2010, el IDEAM publicó la segunda Comunicación sobre Cambio Climático para Colombia, empleando diferentes escenarios de emisiones y modelaciones que daban como resultado posibles cambios en temperatura y precipitación sobre el territorio nacional para los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

Para la zona de producción aurífera de Antioquia, el IDEAM proyectaba condiciones relativamente neutras, con variaciones entre -10% y 10%, con alguna zonas de disminución de la precipitación hasta en un 30% para los municipios como El Bagre y Zaragoza (con relación al escenario base de precipitación 1971-2000). Con respecto a la temperatura, se proyectaba un aumento entre 2°C y 4°C a lo largo del siglo XXI. (Ver Figura 14-1 y Figura 14-2)

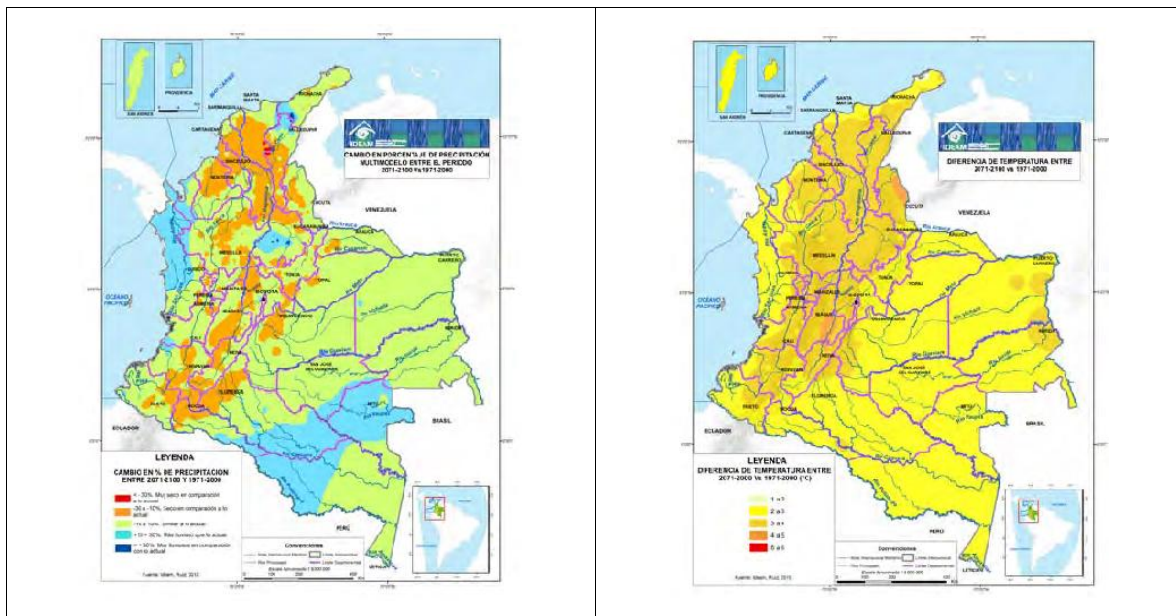
Para la temperatura mínima, durante el periodo 2011-2040, se estimaba un aumento de 3°C a 4°C para la zona, mientras que para las máximas el aumento de 1°C a 2°C. Para el periodo 2070-2100, se estimaba un incremento en la temperatura mínima de 1 a 2°C y de 3 a 4°C en la temperatura máxima.

Figura 14-1 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2011-2040 Vs 1971-2000



Fuente: IDEAM (Segunda Comunicación)

Figura 14-2 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2071-2100 Vs 1971-2000



Fuente: IDEAM (Segunda Comunicación)

14.1.2 Tercera comunicación

En línea con la motivación expuesta en el numeral anterior, el IDEAM continuó con la elaboración de escenarios para el Cambio Climático, y en 2015, publicó la tercera comunicación, que se diferenciaba de la segunda ya que estudiaba nuevos escenarios de emisiones, e implementaba nuevos modelos. Además de realizar un importante esfuerzo para proyectar los escenarios por regiones e incluso por departamento.

Dentro del análisis de la precipitación anual, para la zona de estudio durante el periodo 2011-2040, se esperan aumentos importantes en la precipitación, en línea con los aumentos esperados en la región andina entre el 10% – 40 % y mientras que se proyectan disminuciones del orden del 10% – 40% en el norte del país, la Amazonía y la Orinoquía. Para el periodo 2041-2070 y 2071-2100 se espera un comportamiento similar al del periodo mencionado anteriormente. Los aumentos más significativos, se presentarían en la región andina entre los meses de junio y noviembre.

Con respecto a la temperatura máxima anual en Colombia, las proyecciones muestran alteraciones cercanas a 1°C, para el periodo 2011-2040. Para el periodo 2041-2070 se estima un ligero aumento (entre 1,2°C-2,4°C) y finalmente, para el periodo 2071-2100 un aumento entre 2°C y 4°C. Con respecto a esta variable, se esperan los mayores cambios en los departamentos de Arauca, Caldas, Cesar, Quindío y Santander, mientras que los menores

cambios para los departamentos de Cauca, Magdalena, Putumayo y San Andrés y Providencia.

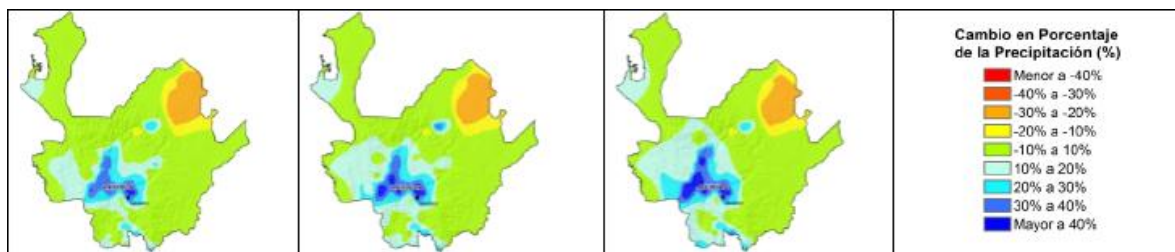
Para la temperatura mínima anual, se esperan ligeros incrementos cercanos al 0,7°C durante el periodo 2011-2040. Para el periodo 2041-2070, se esperan cambios entre 1°C y 2°C. Finalmente, para el periodo 2071-2100 se espera un cambio en esta variable entre 1°C y 3,5°C. Los mayores aumentos en este campo se espera se produzca en los departamentos de Arauca, Casanare, Guaviare y Vichada, y los menores en los departamentos de Atlántico, Cesar, Córdoba, Magdalena y San Andrés y Providencia.

Para las zonas de explotación, se esperan condiciones neutras, $\pm 10\%$ en las alteraciones de la precipitación, sin embargo, para los municipios del oriente de esta zona se proyectan disminuciones hasta de un 30%. Estas condiciones se presentarían a lo largo de todo lo que resta del siglo XXI.

Con respecto a las alteraciones de la temperatura media, se esperan incrementos graduales hasta de 3°C al finalizar el siglo XXI. Con respecto a las temperaturas mínimas, se esperan aumentos hasta de 2°C, mientras que para las máximas aumentos hasta de 3,5°C. Las proyecciones esperadas para la zona aurífera se pueden observar en la Figura 14-3 y Figura 14-4).

Vale la pena aclarar, que las partes altas de la cuencas de los ríos señalados se ubican en varios departamentos del sur del país en donde las condiciones de precipitación se proyectan más húmedas (ver Figura 14-5 y Figura 14-6)

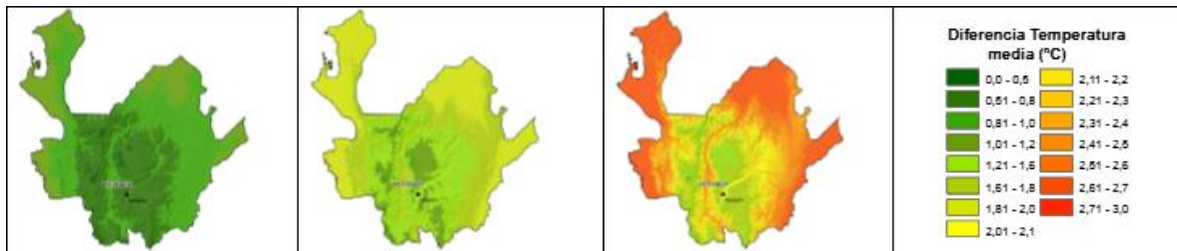
Figura 14-3 Cambio Precipitación Antioquia, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)



Fuente: IDEAM

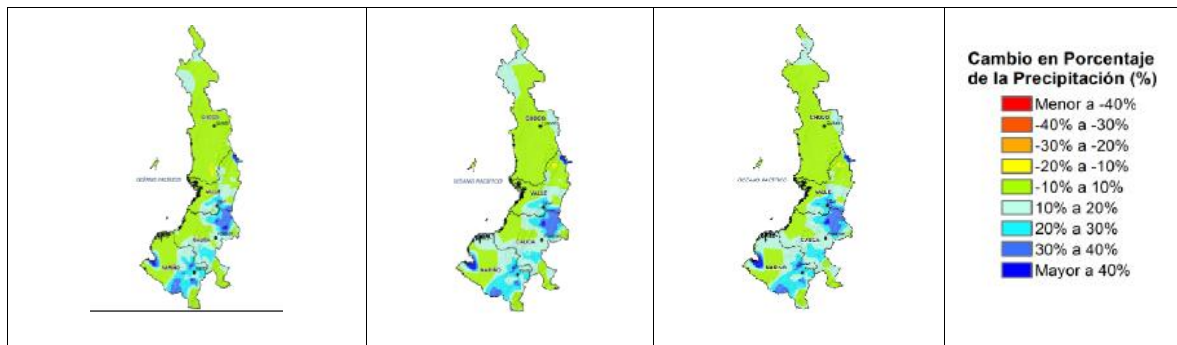
Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 14-4 Cambio Temperatura Antioquia, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)



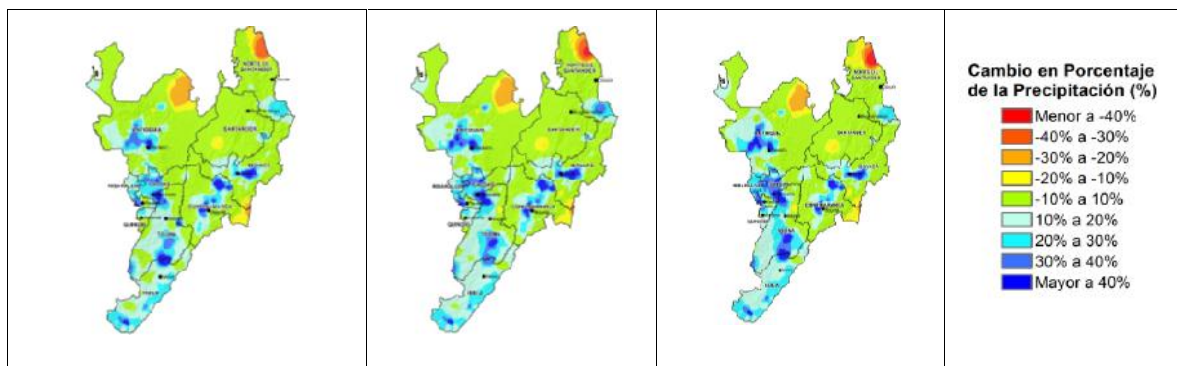
Fuente: IDEAM

Figura 14-5 Cambio Precipitación Región Pacífico, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)



Fuente: IDEAM

Figura 14-6 Cambio Precipitación Región Andina, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)



Fuente: IDEAM

En los municipios que conforman el distrito minero se han identificado áreas con amenaza alta
ACON-Miembro Grupo INERCO

Unidad de Planeación Minero Energética-

0580-112-V.001-octubre/2015

por inundación lenta en los seis municipios y media por movimientos en masa en Zaragoza, El Bagre, Tarazá, Cáceres y Nechí (Corantioquia, 2011, pág. 15).

Por ubicarse en el piedemonte de las cordilleras Occidental y Central, esta región se constituye en una trampa natural de sedimentos causando la agradación del lecho de las corrientes que a su vez reduce la capacidad hidráulica y facilita los desbordamientos. Con cada episodio invernal fuerte que favorece la erosión en estas cordilleras se incrementan los procesos de colmatación de los cauces aumentando las amenazas por inundación. Durante los últimos cuatro períodos Niña (1998, 1999 – 2000, 2007 – 2008 y 2010 – 2010) las cotas de inundación han sido excedidas con suficiencia, particularmente en los municipios de Tarazá, Cauca y Nechí (Corantioquia, 2011, pág. 20)

Los vendavales son eventos frecuentes en la región que se detonan con la presencia de lluvias fuertes al inicio y al final de los períodos lluviosos. Presentan vientos entre los 51 km/h y los 87 km/h, con vientos cálidos y fuertes originados por el calentamiento del suelo. De igual forma, las tormentas eléctricas son comunes, en especial durante los eventos Niña, especialmente en los municipios de El Bagre y Zaragoza (Corantioquia, 2011).

Durante el período invernal 2010 – 2011 la oficina territorial Panzenú de Corantioquia reportó un total de 67 eventos, de los cuales 60 fueron inundaciones, cinco movimientos en masa y dos avenidas torrenciales (Corantioquia, 2011, pág. 55).

El presente documento, tiene como objetivo la identificación de las principales amenazas que tendría el cambio climático y la variabilidad climática sobre las actividades mineras en la zona del bajo Cauca. Se hace la recolección de la información sobre los principales eventos naturales que han afectado la zona y que han sido inventariadas por las agencias durante la última ola invernal. Finalmente, se exponen las principales amenazas para la minería del carbón derivadas de posibles alteraciones ocasionadas por el aumento o disminución de la temperatura y precipitación.

14.2 Principales Eventos estimados debido al Cambio Climático y la Variabilidad Climática

De acuerdo con lo señalado por el IPCC, “La temperatura de la superficie de la tierra está proyectada para que aumente a lo largo del siglo XXI bajo todos los escenarios de emisiones evaluados. Es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y sean más prolongadas, y que los eventos de precipitaciones extremas sean más intensos y más frecuentes en muchas regiones. El océano continuará calentándose y acidificándose, su nivel medio continuará en aumento.” (IPCC, Climate Change 2014, Synthesis Report, Pg 58).

Bajo esta premisa, se estima que todas las actividades de la economía se verían afectadas, por lo tanto, se procedió a determinar aquellas amenazas que se potenciarían a raíz, de las

alteraciones en la temperatura media de la atmósfera y la precipitación.

Como se expuso anteriormente, las comunicaciones y escenarios presentados por el IPCC e IDEAM, hacen referencia principalmente a alteraciones en la precipitación y la temperatura a escala global o regional. Estas alteraciones desencadenan modificaciones en el ciclo hidrológico, que afectan diferencialmente a las regiones dependiendo de su localización geográfica principalmente.

Las modelaciones a nivel global tienen todavía dificultades para representar adecuadamente las implicaciones en el ciclo hidrológico tanto a nivel regional como a nivel de cuenca. Así se expresa en los informes de IPCC indicando que “Los modelos climáticos no simulan con precisión el ciclo del agua a una resolución suficiente como para atribuirles impactos hidrológicos de origen antropogénico o de cambio climático a escala de cuenca” (IPCC Capítulo 3, Fresh Water, pg. 235).

Por lo tanto, hay que tener presente que las proyecciones y escenarios planteados por cualquiera de las agencias o estudios especializados en el tema son limitadas y sus resultados entendidos como asistencia a la toma de decisión en política pública o sectorial más que como predicciones del futuro. La aplicación o interpretación de los escenarios a regiones o cuencas específicas deben ser resultados de estudios más detallados.

Dentro de los impactos que se han detectado como virtualmente probables y que son atribuibles con altísimo grado de certeza que ocurrirá durante el siglo XXI se encuentra el aumento en el nivel del mar, también con altísimo grado de certeza que ocurra en el futuro se encuentra el aumento de los días y noches caliente en la superficie terrestre.

Con alto grado de certeza de ocurrencia en el futuro se encuentran la reducción de los recursos hidráulicos y la inestabilidad de las montañas, entendida como aumento en la remoción en masa. Los eventos de alta precipitación, son clasificados como de alta detección y de mediana certeza que se reproduzcan durante el futuro, sin embargo, es de aclarar que estas proyecciones aumentarían en algunas regiones y disminuirían en otras, sin embargo, son más las regiones que sufrirían aumento que descenso.

Con relación a las sequías e inundaciones, las proyecciones indican que son eventos que se presentaría con una valoración de mediana certeza, para ambos impactos la ocurrencia y frecuencia del evento varía de acuerdo a la región, para las sequías se estima que su ocurrencia aumentaría en la mayoría de las regiones, para las inundaciones se indica que no hay una tendencia clara o que varía importantemente a nivel regional.

El incremento en la intensidad, y frecuencia de eventos hidrológicos extremos, como las inundaciones han sido atribuidos al cambio climático, sin embargo, para estimar una alteración de este tipo de fenómeno es necesario cuantificar las incertidumbres derivadas (IPCC, Freshwater

Resources pg 236).

Por otra parte, un evento amenazante relacionado con el cambio climático o variabilidad climática se podría definir como la probabilidad de la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente peligroso, bien sea para las personas, la producción, la infraestructura, los bienes o los servicios.

Para contextualizar esta definición al sector minería, se ha tomado como base los fenómenos mencionados por el IPCC, los eventos amenazantes para la minería en Colombia se podrían contabilizar como: Olas de Calor o Heladas, vendavales, aguaceros torrenciales, avenidas Torrenciales (crecientes súbitas), inundaciones, movimientos en Masa, Sequías o déficit de lluvias, Degradación de suelos, Abatimiento de niveles freáticos. A continuación se describen dichos fenómenos:

14.2.1 Olas de Calor

De acuerdo a las modelaciones e informes sobre cambio climático y variabilidad climática, se estima un incremento general de los días cálidos, tanto en temperatura como en frecuencia, clasificando dicho fenómeno como virtualmente cierto. Para Colombia estas condiciones de variación en la temperatura se cuentan con las olas de calor y heladas, entendidas como un periodo cálido extendido superior a las condiciones normales climáticas del área⁶, es pertinente aclarar que este tipo de fenómenos van acompañados de escenarios de alta humedad.

En la zona del Bajo Cauca Antioqueño, se proyectan aumentos en la temperatura tanto media como máxima, los valores esperados no alcanzan a ser incapacitantes para la actividad de extracción.

14.2.2 Vendavales

Cuando se presentan modificaciones en la temperatura y presión de los sistemas meteorológicos, es posible la presencia de vendavales, que se define como ráfagas de viento que afectan un área en particular con velocidades que oscilan entre 50 y 80 km/hh en un intervalo corto de tiempo⁷.

⁶ Definición tomada de <http://www.metoffice.gov.uk/>

⁷ De un lado la generación de viento se inicia por diferencias de temperatura y/o presión en dos lugares geográficos. Existen varias clasificaciones de vientos. Por ejemplo, la Escala Beaufort, clasifica vientos desde 51 km/h como frescachón, y se caracteriza por movimiento de árboles, caminar en contra del viento es dificultoso, etc. Luego siguen los Temporales, los cuales ocasionan rompimiento de las ramas de los árboles (62 km/h), Temporales fuertes, hasta 86 km/h, ocasiona desperfecto en partes salientes de edificios, levantamiento de tejas y derribo de chimeneas

De acuerdo a las proyecciones del IPCC, este tipo de fenómeno se clasifica como probable es decir, entre 66% - 100% de ocurrencia.

Los vendavales en la región son frecuentes en la zona, durante el periodo 1999 – 2015 la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, ha registrado 20 eventos como este, lo cual representa el 26% de los eventos registrados. Este tipo de fenómeno se podría ver intensificado con el Cambio Climático, sin embargo, la afectación sería mínima debido a la naturaleza de la anomalía.

14.2.3 Aguaceros torrenciales

Los aguaceros torrenciales son lluvias de gran intensidad y corta duración, su clasificación depende de la metodología empleada, pero en ocasiones se considera torrencial cuando la intensidad es de por lo menos 20 mm/hr (Sánchez, s.f.). Los cambios estimados sobre este fenómeno indican que es un cambio mixto, es decir, en algunas regiones se verán incrementados y en otras reducidos, sin embargo la tendencia favorece al incremento.

Con los análisis de cambio climático, se ha considerado que los eventos extremos van a ser más intensos y más frecuentes, por lo tanto, este tipo de aguaceros torrenciales se podrían presentar con mayor frecuencia y mayor intensidad a lo previamente estimado, pudiendo afectar las operaciones en la extracción minera. También es importante indicar, que este fenómeno podría generar no sólo inundaciones, sino también aumento de la carga sedimentológica y la posterior reducción de la capacidad hidráulica de las corrientes.

Durante la visita efectuada, se manifestó por que con frecuencia este tipo de aguaceros torrenciales van acompañados de tormentas eléctricas, que generan caída de árboles y líneas de transmisión eléctrica.

14.2.4 Avenidas Torrenciales (crecientes súbitas)

Las afectaciones debidas a crecientes súbitas dependen en gran medida a las condiciones naturales de la cuenca y la intensidad de la precipitación. Estas circunstancias afectarían las operaciones mineras que cuentan con bocatomas para el abastecimiento de las actividades que demanden agua. Dentro de las entrevistas efectuadas, el arreglo de bocatomas y/o conducciones es un fenómeno que se presenta con poca frecuencia.

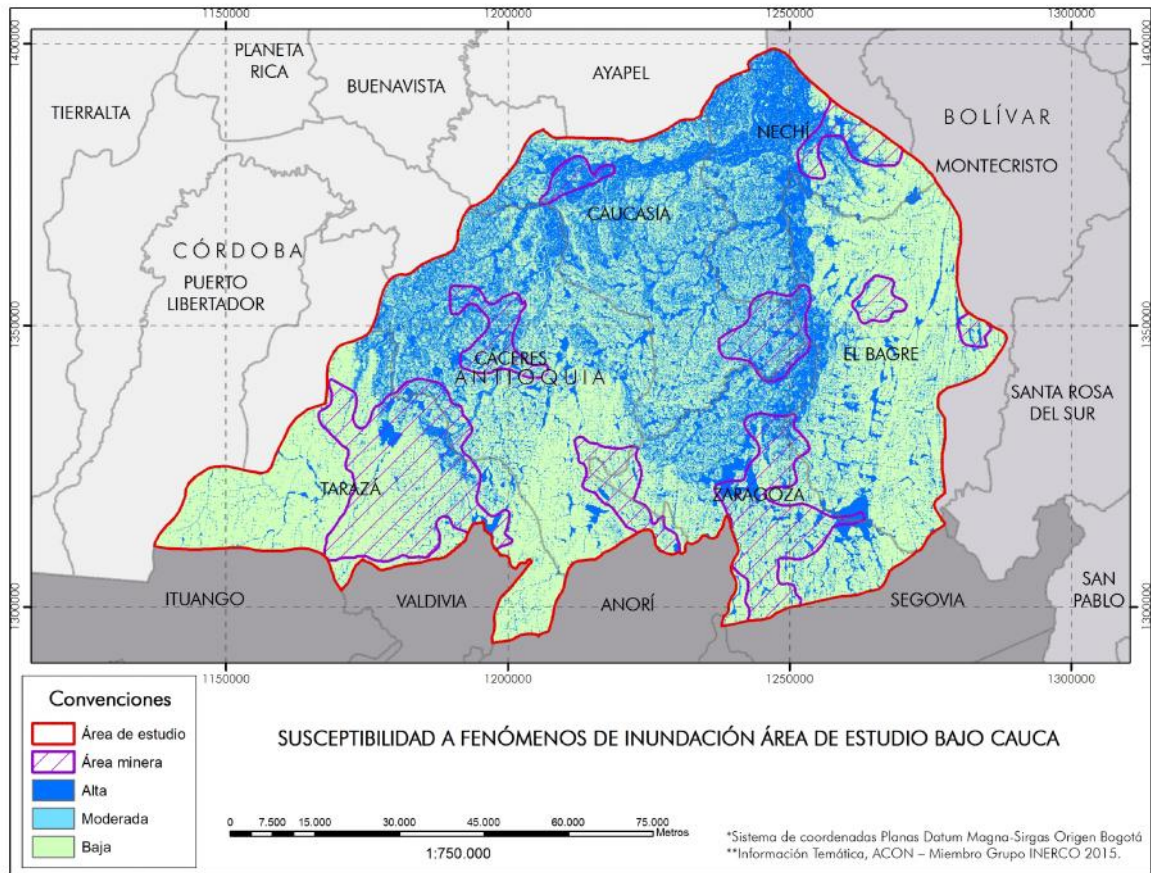
Dentro de las entrevistas efectuadas en la zona, se manifiesta que se han presentado algunas avalanchas, lo cual es corroborado por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, registrando 4 eventos de este tipo.

14.2.5 Inundaciones

De acuerdo al IPCC, este tipo de fenómeno varía regionalmente, o no presenta una tendencia clara por eso es clasificado con baja confianza de ocurrencia, sin embargo, de acuerdo a los eventos presentados durante los últimos años en Colombia en temporadas del ENSO en su fase “La Niña” se ha observado aumento en la magnitud de este fenómeno al igual que en su frecuencia.

Este fenómeno es de alta frecuencia en la región, representando cerca del 60% de los eventos de desastre (47 eventos en el periodo 1999 – 2015), y se esperaría que la frecuencia aumente. El aumento de niveles limitaría la explotación, bien sea porque los barequeros no pueden acceder seguramente al río o las dragas no alcanzan el lecho (Figura 14-7).

Figura 14-7 Susceptibilidad a fenómenos de inundación área de estudio bajo cauca



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

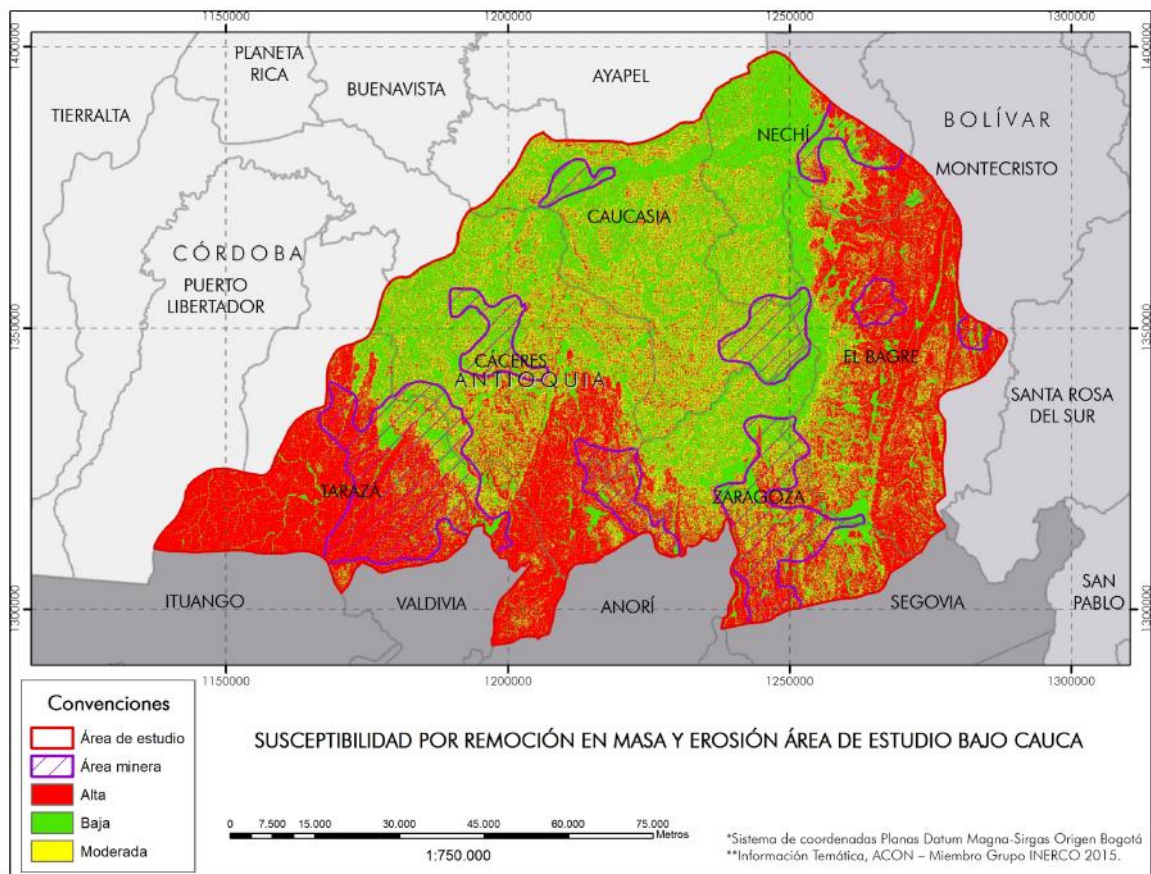
14.2.6 Movimientos en Masa

En línea con los numerales anteriores, los movimientos en masa se potencian gracias a procesos geológicos, químicos, mecánicos y especialmente hidrometeorológicos (como se mencionó anteriormente, se espera un aumento tanto en magnitud como en intensidad), todos estos fenómenos se combinan para actuar sobre las laderas y desestabilizarlas ocasionando caída de grandes cantidades de material.

El IPCC, considera que este tipo de eventos se vería incrementado en términos generales con alto grado de ocurrencia, y debido a la influencia antropogénico como a eventos hidroclimatológicos desencadenados por efectos del cambio climático.

De acuerdo con La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, durante el periodo 1999-2015, se han presentado 3 eventos de deslizamiento.

Figura 14-8 Susceptibilidad por remoción en masa y erosión área de estudio bajo cauca



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

14.2.7 Sequías o déficit de lluvias

Se produce una sequía meteorológica cuando se presenta una escasez continua de las precipitaciones, por lo general este tipo de sequía va acompañado de temperaturas más altas de las medias, vientos de fuerte intensidad, humedad relativa baja, incremento de la evapotranspiración, menor cobertura de nubes y mayor insolación; todo ello puede traducirse finalmente en reducciones en las tasas de infiltración, menor escorrentía, reducción en la percolación profunda y menor recarga de las aguas subterráneas.

Por otro lado, la sequía hidrológica, es aquella relacionada con periodos de caudales debajo de lo normal. A diferencia de la sequía agrícola, que tiene lugar poco tiempo después de la meteorológica, la sequía hidrológica puede demorarse durante meses.

De acuerdo con los resultados presentados por el IDEAM en el ENA 2014, el área del bajo Cauca Antioqueño, presenta condiciones de escorrentía y rendimientos hídricos por encima de la media nacional, sin embargo, en la modelación del índice de precipitación estándar (SPI), que evalúa la exposición de una región a sequías, se observa que la región está expuesta ante este tipo de fenómeno.

Por otra parte, al igual que los aguaceros torrenciales el IPCC considera que las sequías presentarían un comportamiento mixto, pero con tendencia al incremento de la intensidad y magnitud en la mayoría de las regiones, se tiene proyectado que este fenómeno como probable (66% a 100% de probabilidad de ocurrencia).

Un descenso del nivel del río limitaría el movimiento de las dragas, y la cadena de abastecimiento. Sin embargo, beneficiaría el acceso de los barequeros al río.

14.2.8 Alteraciones (posible abatimiento) de niveles freáticos

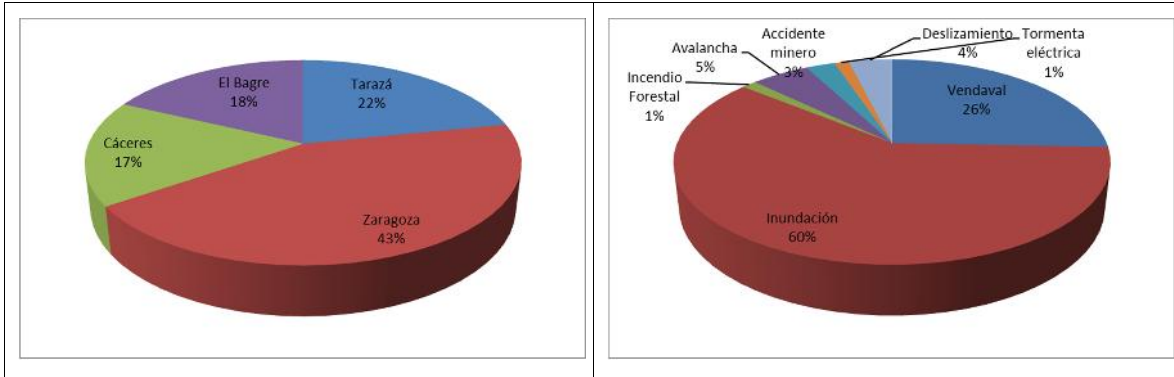
De acuerdo con el IPCC (IPCC Fresh Water Resources, 2014, p. 237), se indica que los cambios respecto al nivel del agua subterránea son difíciles de atribuir a variables diferentes a los cambios del uso del suelo, precipitación y abstracciones subterráneas (Stoll et al., 2011), sin embargo, es necesario tenerla en cuenta para las regiones proyectadas con alteraciones importantes de precipitación y con intervenciones poco contraladas del subsuelo.

Finalmente, es importante señalar que durante la visita de campo, las amenazas que se analizaron en la zona fueron confirmadas. Con respecto a las inundaciones, se indicó que es un fenómeno muy frecuente en la región. Adicionalmente, se manifiesta que la ocurrencia de tormentas eléctricas afecta los servicios públicos, principalmente el eléctrico.

En la Figura 14-9, se presentan los eventos reportados por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, durante el periodo 1999-2015, en los cuatro municipios visitados. En dicha figura, se observa que la mayoría de eventos de desastre se presentan en el municipio de

Zaragoza, y el evento de mayor frecuencia son las inundaciones.

Figura 14-9 Inventario de eventos reportados



Fuente: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (1999-2015)

14.3 Matriz de eventos amenazantes

Como resultado de los análisis anteriores se llegó a las siguientes conclusiones respecto de la posible ocurrencia de sub eventos amenazantes para la minería en el área de estudio:

- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados al incremento de las precipitaciones:

De acuerdo con la III Comunicación se esperan precipitaciones futuras similares a las actuales, las que son recurrentes. Todo ello sugiere que es **sólo posible** que el área de análisis sufra **fenómenos de inundaciones** mayores a las que la han caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacionales, manteniéndose más bien en los límites actuales ya altos.

Las condiciones topográficas no ofrecen condiciones propicias para el desarrollo de procesos de remoción en masa. Los procesos de erosión concentrada (desprendimiento de bancas, carcavamiento, erosión laminar, etc) continuarán siendo el perfil actual, no excesivamente alto, ni la III Comunicación considera que vayan a haber cambios importantes en la precipitación, Todo ello sugiere que es **sólo posible** que el área de análisis sufra **fenómenos de remociones en masa mayores** a las que la han caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático que considera la 3ª Comunicación Nacionales, manteniéndose más bien en los límites actuales.

- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados a la disminución de las precipitaciones:

La III Comunicación indica incrementos importantes en la temperatura sugiriendo **una alta posibilidad** de ocurrencia de mayores períodos de **sequía** en el área a los históricos.

- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados al incremento de la temperatura:

La III Comunicación indica incrementos importantes en la temperatura sugiriendo una **alta posibilidad** de ocurrencia de mayores períodos de **sequía** en el área a los históricos.

- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados a la variabilidad climática:

La III Comunicación indica incrementos en la temperatura en las áreas de operación minera sugiriendo **alta posibilidad** de ocurrencia de **oleadas de calor** superando los máximos mensuales históricos de 36 °C

Los vendavales en la región son frecuentes en la zona, durante el periodo 1999 – 2015. Se han registrado 20 eventos como este. Esto sugiere una posibilidad media de que este tipo de fenómeno se podría ver intensificado con el Cambio Climático.

14.4 Matriz de amenazas directas

A continuación se presentan las amenazas directas asociadas con los sub eventos descritos.

14.4.1 Sub evento de inundación

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de inundaciones similares a los históricos recientes sugiere:

Una **baja posibilidad** de ocurrencia de accidentes asociados en las minas aluviales, lo que constituye una amenaza para el componente de recursos humanos.

Una **baja posibilidad** de afectación a las cadenas de suministro, constituyendo una amenaza para dicho componente.

Una **baja posibilidad** de afectación al componente extractivo, constituyendo una amenaza para éste.

Una **mediana posibilidad** de afectación al componente de entorno de la minería debido a afectación de vías y redes eléctricas entre otros.

14.4.2 Sub evento de remoción en masa y erosión

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de erosión concentrada bajo condiciones de precipitación similares a las actuales sugiere:

Una **baja posibilidad** de ocurrencia de accidentes asociados en las minas, lo que constituye una amenaza para el componente de recursos humanos.

Una **baja posibilidad** de afectación constituyendo una amenaza al componente de la cadena de suministro

Una **baja posibilidad** de afectación al componente extractivo, constituyendo una amenaza para este componente.

14.4.3 Sub evento comportamiento volumétrico del suelo

La falta de información no permite evaluar la existencia o la inexistencia de amenazas relacionadas con este sub evento.

14.4.4 Sub evento sequía

La posibilidad de sequías en la región similares a las históricas recientes sugiere:

Una **baja posibilidad** de ocurrencia de afectación sobre la fuerza laboral, constituyendo una amenaza para el componente de recursos humanos.

Una **baja posibilidad** de afectación a las cadenas de suministro, constituyendo una amenaza para este componente.

Una **baja posibilidad** de afectación al componente extractivo, constituyendo una amenaza para este componente.

Una **mediana posibilidad** de afectación al componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad, constituyendo una amenaza para este componente.

14.4.5 Sub evento de nivel freático

La falta de información no permite evaluar la existencia o la inexistencia de amenazas relacionadas con este sub evento.

14.4.6 Sub evento olas de calor

La posibilidad de ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sugiere:

Una **alta posibilidad** de afectación sobre la fuerza laboral por oleadas de calor y enfermedades infecto-contagiosas, constituyendo una amenaza para el componente recurso humano.

Una **alta posibilidad** de reducción en las jornadas laborales mineras y en el desempeño de los trabajadores impactando la producción, constituyendo una amenaza para el componente extractivo.

Una **mediana posibilidad** de afectación al componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad, constituyendo una amenaza para este componente.

14.5 Matriz de amenazas indirectas

A continuación se analizan las amenazas derivadas de las directas en cada uno de los componentes del sistema minero.

14.5.1 Componente administrativo y financiero

Los siguientes aspectos representan amenaza para este componente:

- La posibilidad de efectos por procesos de ocurrencia de inundación sobre el componente de recursos humanos sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente vía mayores costos de transporte y acceso a suministros.
- La posibilidad de efectos por ocurrencia de sequías sobre el componente de recursos humanos sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente vía incremento de costos en control de material particulado y acceso agua potable.
- La posibilidad de efectos por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el componente de recursos humanos sugiere una **posibilidad alta** de afectación a este componente vía incremento de costos en atención de emergencias médicas e incendios.
- La posibilidad de efectos por procesos de ocurrencia de inundación sobre el componente cadena de suministro sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente vía mayores costos de transporte y acceso a suministros.
- La posibilidad de efectos por ocurrencia de sequías sobre el componente cadena de suministro sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente vía incremento de costos en control de material particulado y acceso agua potable.

- La posibilidad de efectos por procesos de ocurrencia de inundación sobre el componente extractivo sugiere una [posibilidad baja](#) de afectación a este componente vía mayores costos en bombeo.
- La posibilidad de efectos por ocurrencia de sequías sobre el componente extractivo sugiere una [posibilidad baja](#) de afectación a este componente vía incremento de costos en control de material particulado y acceso agua potable.
- La posibilidad de efectos por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el componente extractivo sugiere una [posibilidad alta](#) de afectación a este componente vía reducción en jornadas laborales por oleadas de calor y reducción de la producción vendible.
- La posibilidad de efectos por procesos de ocurrencia de inundación sobre el entorno minero sugiere una [posibilidad baja](#) de afectación a este componente vía dificultades de distribución de producción y reducción de ingresos.

14.5.2 Componente extractivo

Representan amenazas indirectas para este componente:

- La posibilidad de efectos por procesos de ocurrencia de inundación sobre el componente de recursos humanos sugiere una [posibilidad baja](#) de afectación a este componente vía reducción en mano de obra y exceso de profundidad limitando trabajo de dragas pequeñas.
- La posibilidad de efectos por ocurrencia de sequías sobre el componente de recursos humanos sugiere una [posibilidad baja](#) de afectación a este componente vía reducción en niveles de los ríos reduciendo movilidad de las dragas.
- La posibilidad de efectos por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el componente de recursos humanos sugiere una [posibilidad alta](#) de afectación a este componente vía reducción de horas laborales por oleadas de calor.
- La posibilidad de efectos por procesos de ocurrencia de inundación sobre el componente cadena de suministro sugiere una [posibilidad baja](#) de afectación a este componente vía dificultad para reparación de equipos por daño en vías.

14.5.3 Componente de beneficio y transformación

- La posibilidad de efectos por ocurrencia de sequías sobre el componente de recursos humanos sugiere una [posibilidad baja](#) de afectación a este componente vía reducción en acceso hídrico para procesos de beneficio en quebradas.

- La posibilidad de efectos por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el componente de recursos humanos sugiere una **posibilidad alta** de afectación a este componente vía reducción de horas laborales por oleadas de calor.

14.5.4 Componente transporte y comercialización

- La posibilidad de efectos por procesos de ocurrencia de inundación sobre el entorno minero sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente vía dificultades de distribución de la producción. Constituyendo una amenaza para este componente.

14.5.5 Componente de gestión ambiental

- La posibilidad de efectos por ocurrencia de sequías sobre el componente de recursos humanos sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente debido a dificultades en procesos de restauración ambiental.

14.5.6 Componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad

- La posibilidad de efectos por altas temperaturas sobre el componente de recursos humanos sugiere una **posibilidad media** de afectación a este componente vía el aumento de enfermedades, causando presión sobre el servicio de salud.
- La posibilidad de efectos por altas temperaturas sobre el componente extractivo causando la disminución de la producción sugiere una **posibilidad media** de afectación a este componente vía la disminución de regalías que afectaría las finanzas públicas municipales y regionales.

14.6 Matriz de valoración de las amenazas directas e indirectas

A continuación se recogen los resultados de ponderar las amenazas identificadas según su grado de posibilidad, ya señalado anteriormente en cada una de ellas, y su potencial de daño, que se puede comprobar en el Excel adjunto, y de acuerdo a lo señalado en el capítulo metodológico. Ello da lugar a una cualificación de la gravedad de cada una de las amenazas identificadas, que se recoge a continuación.

Se presentan las amenazas situando en primer lugar las directas y luego las indirectas derivadas de las primeras:

- 1ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de **inundaciones** en la región similares a las históricas recientes sugiere una **baja posibilidad** de ocurrencia de accidentes asociados en las minas aluviales, con un potencial de daño bajo al **componente recursos humanos**, lo que constituye una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por procesos de ocurrencia de inundación sobre el componente de **recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente vía mayores costos de transporte y acceso a suministros, con un potencial de daño bajo al **componente administrativo y financiero**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por procesos de ocurrencia de inundación sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este **componente extractivo** vía reducción en mano de obra y exceso de profundidad limitando trabajo de dragas pequeñas, con un potencial de daño bajo, por lo que esta constituye una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 2ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de procesos de erosión concentrada bajo condiciones de precipitación similares a las actuales sugiere una **baja posibilidad** de ocurrencia de accidentes asociados en las minas, lo que constituye una amenaza para este componente, con un potencial de daño bajo al **componente Recursos Humanos**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de proceso de erosión sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este **componente Administrativo y Financiero** vía incremento de costos por gestión y prevención de accidentes, con un potencial de daño bajo constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

- 3ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de **sequías** en la región similares a las históricas recientes sugiere una baja posibilidad de ocurrencia de afectación sobre la **fuerza laboral**, con un potencial de daño bajo al componente Recursos Humanos, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el componente de **recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente **Administrativo y Financiero** vía incremento de costos en control de material particulado y acceso agua potable, con un potencial de daño bajo, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente de **beneficio y transformación** vía reducción en acceso hídrico para procesos de beneficio en quebradas, con un potencial bajo de daño, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente de **gestión ambiental** debido a dificultades en procesos de restauración ambiental, con un potencial bajo de daño, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 4ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de **temperaturas superiores** a las históricas sugiere una **alta posibilidad** de afectación sobre **la fuerza laboral** por oleadas de calor y enfermedades infecto-contagiosas, con un alto potencial de daño, constituyendo una **amenaza grave** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el componente **de recursos humanos** sugiere una **posibilidad alta** de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía incremento de costos en atención de emergencias médicas e incendios, con un potencial alto de daño, constituyendo una **amenaza grave** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad alta de afectación** a este **componente extractivo** vía reducción de horas laborales por oleadas de calor, con un potencial de daño alto, lo que constituye una **amenaza grave** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente **beneficio y transformación** vía reducción de horas laborales por oleadas de calor, con un potencial bajo de daño, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el componente de **recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente de gestión ambiental debido a dificultades en procesos de restauración ambiental, con un potencial bajo de daño, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 4ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de **inundaciones** similares a las históricas recientes sugiere una **baja posibilidad** de afectación a las **cadenas de suministro**, con un potencial bajo de daño, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

La posibilidad **efectos directos** por **procesos de ocurrencia de inundación** sobre el **componente cadena de suministro** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía mayores costos de transporte y acceso a suministros, con un potencial bajo de daño, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 5ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de **procesos de erosión concentrada** bajo condiciones de precipitación similares a las actuales sugiere una **baja posibilidad** de afectación a **las cadenas de suministro**, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por procesos de ocurrencia de inundación sobre el componente **cadena de suministro** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este **componente extractivo** vía dificultad para reparación de equipos por daño en vías, con un potencial bajo de daño, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 6ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de **sequías** similares a las históricas recientes sugiere una baja posibilidad de afectación a **las cadenas de suministro**, con un potencial **de daño medio** constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el componente **cadena de suministro** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía incremento de costos en control de material particulado y acceso agua potable, con un potencial bajo de daño, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 6ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de **inundaciones** similares a las históricas recientes sugiere una baja posibilidad de afectación **al componente extractivo**, con un potencial de **daño medio**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por procesos de ocurrencia de inundación sobre el **componente extractivo** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía mayores costos en bombeo, con un potencial de daño medio, constituyendo **una amenaza secundaria** para este componente.

- 6ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de procesos de **erosión** concentrada bajo condiciones de precipitación similares a las actuales sugiere una **baja posibilidad** de afectación al **componente extractivo**, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

- 7ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de **sequías** similares a las históricas recientes sugiere una baja posibilidad de afectación al **componente extractivo**, con un potencial **de daño bajo** constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La **posibilidad efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el **componente extractivo** sugiere una posibilidad baja de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía incremento de costos en control de material particulado y acceso agua potable, con un **potencial de daño medio**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

- 8ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de **temperaturas superiores** a las históricas sugieren una **alta posibilidad** de afectación sobre el componente extractivo vía reducción en las jornadas laborales mineras y en el desempeño de los trabajadores impactando la producción, con un **potencial de daño alto**, constituyendo una **amenaza grave** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el **componente extractivo** sugiere una **posibilidad alta** de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía reducción en jornadas laborales por oleadas de calor y reducción de la producción vendible, con un **potencial de daño alto** constituyendo una **amenaza grave** para este componente.

14.7 Visita al Bajo Cauca Antioqueño

14.7.1 Visitas Técnicas

La visita a la subregión del Bajo Cauca se realizó entre el 31 de agosto de 2015 y el 3 de septiembre de 2015. A ella asistieron los profesionales Jairo Herrera, especialista en minería, Alejandro Logreira, especialista hidrólogo, y Helga Lahmann, coordinadora del proyecto por parte de Ambiental Consultores. Los consultores fueron acompañados por el profesional Rubén Chanci por parte de la UPME.

Fueron visitados 5 municipios de los 6 que componen la subregión: Caucasia, Cáceres, El Bagre, Tarazá y Zaragoza. En los municipios de Cáceres, El Bagre, Tarazá y Zaragoza se sostuvieron reuniones con las alcaldías municipales, y en el municipio de Caucasia, con la Dirección Territorial de Corantiquia.

En cuanto a los proyectos mineros, se visitó la empresa Mineros S.A., que permitió visitar sus instalaciones y dragas en funcionamiento en el valle del río Nechí.

La empresa Mineros S.A. cuenta con 67 títulos mineros y 116.000 hectáreas (ha) en explotación entre los municipios del Bagre, Zaragoza y Nechí. La empresa produce aproximadamente 3.73 ton (120 mil onzas onzas) de oro anual.

La operación aluvial se realiza mediante unidades de producción cada una de ellas constituida por: una draga de cucharas y una draga de succión.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Inicialmente, haciendo uso de una buldócer, se retira la cobertura vegetal y se prepara el área de inundación donde se realizará la explotación. La Fotografía 14-1 ilustra esta primera etapa.

Fotografía 14-1 Bulldozer



Fuente: Mineros S.A.

Luego de tener conformado el humedal, se utiliza una draga de succión para extraer los primeros 10 metros del lecho del río considerados estériles se bombea para formar rellenos hidráulicos. La Fotografía 14-2 y la Fotografía 14-3 muestran una draga de succión.

Fotografía 14-2 Dragas de succión (i)



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Fotografía 14-3 Draga de succión (ii)



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Finalmente la draga de cucharas extrae el material aproximadamente entre los 10 m y 27 m de profundidad. Dentro de este material se encuentra gravas, arcillas y arenas con contenidos de oro. Las Fotografía 14-4 y Fotografía 14-5 ilustran una draga de cucharas.

Fotografía 14-4 Draga de cucharas (i)



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Fotografía 14-5 Draga de cucharas (ii)



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

El material extraído es lavado y se filtra con un tamaño de 9 mm, donde el material más pequeño continúa en el proceso de beneficio, y el resto de material es descartado en el río donde se va formando una pila de material estéril que luego será recuperado. Las fotografías Fotografía 14-6, Fotografía 14-7 y Fotografía 14-8 ilustran este proceso. .

Fotografía 14-6 Lavado



Fuente: ACON, Grupo INERCO, 2015

Fotografía 14-7 Descarte (i)



Fuente: ACON, Grupo INERCO, 2015

Fotografía 14-8 Descarte (ii)



Fuente: ACON, Grupo INERCO, 2015

El beneficio del oro se da por medio de concentración gravimétrica a bordo de las dragas. Sobre esta etapa del proceso no se tuvo acceso.

Mineros S.A. también desarrolla proyectos sociales con la comunidad para la recuperación de áreas que han sido intervenidas. Se entregan parcelas productivas a miembros de la comunidad ACON-Miembro Grupo INERCO

Unidad de Planeación Minero Energética-
0580-112-V.001-octubre/2015

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

con vocación agropecuaria. A través de ciertas especies como la acacia, se intenta la recuperación del suelo, con el fin de que en el futuro pueda ser utilizado para producción agrícola. La empresa brinda un subsidio a la persona que esté trabajando la tierra durante 3 años, tiempo que le tomaría a la tierra volverse productiva. Han entregado 23 parcelas de las cuales 20 han resultado proyectos exitosos. El equipo consultor tuvo la oportunidad de visitar una de las parcelas, donde actualmente el propietario tiene 20 reses que utiliza para producción de leche, y vende los terneros machos. Adicionalmente tiene un proyecto apícola. La Fotografía 14-9 ilustra la parcela visitada.

Fotografía 14-9 Actividad pecuaria en parcela recuperada



Fuente: ACON, Grupo INERCO, 2015

No fue posible visitar, por razones de orden público pequeños mineros o mineros artesanales (barequeros). Sin embargo, se pudo observar a lo largo del río dragas de tamaño mediano con las que trabajan pequeños mineros. Las Fotografía 14-10, Fotografía 14-11 y Fotografía 14-12 muestran estas dragas.

Fotografía 14-10 Dragas sobre el Río Nechí (i)



Fuente: ACON, Grupo INERCO, 2015

Fotografía 14-11 Dragas sobre el Río Nechí (ii)



Fuente: ACON, Grupo INERCO, 2015

Fotografía 14-12 Draga semi-hundida sobre el Río Nechí



Fuente: ACON, Grupo INERCO, 2015

No se observó cerca de los cascos urbanos el trabajo de barequeros. Las autoridades municipales indican que la mayoría se encuentran hacia adentro en las veredas.

En la vía de ingreso hacia el municipio de El Bagre se observan mineros que trabajan con retroexcavadora. Las comunidades manifiestan su inconformidad ante las autoridades por la degradación ambiental que dejan estos mineros. Las Fotografía 14-13 y Fotografía 14-14 ilustran lo anterior.

Fotografía 14-13 Retroexcavadora trabajando en entrada a El Bagre (i)



Fuente: ACON, Grupo INERCO, 2015

Fotografía 14-14 Retroexcavadora trabajando en entrada a El Bagre (ii)



Fuente: ACON, Grupo INERCO, 2015

14.7.2 Reuniones de retroalimentación

Uno de los objetivos de las visitas a las áreas mineras es sostener reuniones de retroalimentación con actores de la zona con el fin de confrontar la identificación de amenazas que fue realizada por el equipo consultor a través de la literatura, con las realidades que enfrentan los actores en el terreno.

Teniendo en cuenta lo anterior, el equipo consultor organizó reuniones con los siguientes actores:

- Alcaldía Municipal de Tarazá - Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente
- Alcaldía Municipal de Cáceres – Dirección de Desarrollo Rural (UMATA) - Secretaría de Desarrollo Social, Rural y Minero Ambiental
- Alcaldía Municipal de Zaragoza - Coordinación de Minas y Medio Ambiente (Secretaría de Planeación)
- Empresa Mineros S.A.
- Dirección Territorial Corantioquia – Caucasia

A continuación se presentan las principales conclusiones sacadas de las reuniones. En anexo se encontrarán las actas completas de cada reunión.

14.7.2.1 Reunión Alcaldía Municipal de Tarazá

La reunión en la Alcaldía Municipal de Tarazá se llevó a cabo el lunes 31 de agosto de 2015. Atendió la reunión la Dra. Nirla Mosquera, Secretaria de Agricultura y Medio Ambiente.

El equipo consultor explicó a la Dra. Mosquera el alcance del proyecto y el objetivo de la reunión. Se explicó que los principales eventos amenazantes para la minería en la región son el aumento en la temperatura que podría llegar hasta los 3°C para el final de siglo, y un posible aumento o disminución (leve) de las precipitaciones.

ACON-Miembro Grupo INERCO

Unidad de Planeación Minero Energética-

0580-112-V.001-octubre/2015

La funcionaria explica que la mayor parte de la explotación minera se hace en el río Cauca. Las zonas donde se practica más la minería son el corregimiento El Guaimaro en la quebrada Curales, en la vereda San Agustín en el río Rayo, y en la vereda San Sereno en el río Man. La minería que se practica es principalmente artesanal (barequeros). Hay aproximadamente 1.444 barequeros registrados en la alcaldía.

Sobre las épocas de invierno, comenta que hay una parte baja del municipio que se inunda frecuentemente con las lluvias. En cuanto a afectaciones a la actividad minera, explican que ha habido derrumbes en la vereda San Agustín, cerca al Río Tarazá, lo que en ocasiones ha tapado o averiado retroexcavadoras. Sobre el río Cauca no ha habido mayores inconvenientes ya que la minería allí es artesanal, y los mineros cuando ven que el nivel del río sube, se desplazan.

Los servicios públicos no se ven muy afectados en invierno, sólo en las zonas rurales cuando llueve se va la luz, pero vuelve pronto.

Manifiesta la funcionaria que en el municipio no han sufrido sequías, y de forma general no percibe un cambio en de régimen de lluvias. De igual forma, tampoco se han presentado vendavales en el municipio.

En cuanto a la temperatura, dicen que la temperatura media del municipio es de 28°C, pero actualmente sienten un aumento del calor. Sin embargo el aumento de la temperatura no afectaría el desarrollo de la actividad minera, la mayoría de mineros se han adaptado y cuando hace mucho calor, empiezan la actividad más temprano y paran alrededor del mediodía. Mencionan que hay zonas del municipio donde se practica la minería aluvial y la temperatura es más templada, como es el caso de las veredas San Agustín, Embaretado, Cañón de Iglesia y La Esmeralda.

No hay conflictos entre la actividad minera y la comunidad ya que gran parte de la población en el municipio depende de la minería directa o indirectamente. Los problemas o quejas que se presentan son por la imposibilidad de trabajar a causa del orden público, no se permite el acceso de los barequeros a ciertas zonas.

Finalmente, la Secretaria comenta que la minería es muy importante para el municipio, principalmente en términos de regalías, y que es de su interés que esta se pueda seguir desarrollando de forma armoniosa con el ambiente y con las comunidades.

14.7.2.2 Reunión Alcaldía Municipal de Cáceres

La reunión en la Alcaldía Municipal de Cáceres se llevó a cabo el lunes 31 de agosto de 2015. Atendió la reunión la el Dr. Javier Lozano, Director Operativo de Desarrollo Rural (UMATA).

El equipo consultor explicó al Dr. Lozano el alcance del proyecto y el objetivo de la reunión. Se

explicó que los principales eventos amenazantes para la minería en la región son el aumento en la temperatura que podría llegar hasta los 3°C para el final de siglo, y un posible aumento o disminución (leve) de las precipitaciones.

El funcionario explica que la mayor parte de la minería que se practica en el municipio es de tipo artesanal y aluvial, y se desarrolla en el río y sobre quebradas. También hay algunos mineros que trabajan con retroexcavadora en terrazas, pero no son muchos.

El municipio desarrolló un censo de barequeros con el acompañamiento de la Universidad Nacional, y actualmente hay registrados 12.000 barequeros en la Alcaldía, casi la tercera parte de la población se dedica a esta actividad. Muchos combinan el barequeo con actividades agropecuarias. El objetivo de este censo además de conocer el número de barequeros en el municipio, es que se declare en el municipio el oro que se extrae allí, ya que anteriormente, por no tener registro, se declaraba en otros municipios. Adicionalmente, contar con un registro oficial ayuda a los barequeros a vender el oro al precio del mercado y no a un precio inferior, por no tener registro.

Con respecto a la época de invierno, comenta que no hay mayores afectaciones, si aumenta el nivel del río los barequeros se mueven a las quebradas. Ellos son muy recursivos y la minería artesanal es una actividad nómada.

Los servicios públicos no se ven afectados en general por las lluvias, sólo en zonas rurales hay racionamientos de luz algunas veces, pero éstos duran 1 o 1 día y medio máximo. Resalta que el servicio de EPM es muy bueno, antes estas zonas podían durar hasta 15 días sin luz.

Sobre las oleadas de calor, cuenta el funcionario que han llegado a tener temperaturas de 38°C, cuando el promedio es de 28°C a 32°C. El verano del año anterior hizo mucho calor, aunque la gente está muy acostumbrada y sigue trabajando al aire libre.

En cuanto a deslizamientos de tierra, se presentan solo en zona de carretera lo que genera problemas en las vías. Pero en el resto del municipio no es un problema.

Acerca de la percepción de la comunidad frente a la actividad minera, cuenta que es una actividad tradicional de la zona y que por tanto la gente está muy acostumbrada a vivir con la minería. En casi todas las familias hay alguien que tiene que ver con la minería.

La dependencia económica del municipio de la actividad minera es alta, alrededor del 60% estima el funcionario, el segundo rubro importante de la economía son las actividades agropecuarias, aunque la mayoría son para autoconsumo. Sin embargo, el municipio está buscando diversificar la economía municipal y ampliar las posibilidades de empleo de la población.

En ese sentido, están incentivando proyectos de cultivo de caucho y cacao. Actualmente hay entre

1.400 ha a 1.600 ha de caucho en producción. Gran parte de esas áreas eran zonas degradadas que se recuperaron para la actividad. La mayor parte del caucho se vende a la empresa Latexport, por medio de una alianza con el Ministerio de Agricultura, la empresa lo compra directamente en el municipio. Igualmente hay un comprador local que es Latex de Tarazá. El centro de acopio está ubicado en el corregimiento de Manizales. El municipio ahora desea construir el centro de cremado para bajarle a la humedad al caucho, y así darle mayor valor. Tienen 4 tipos de caucho, y plantaciones que llevan entre 12 años y 14 años.

Adicionalmente, hay aproximadamente 1.200 ha de cacao, que se está vendiendo muy bien ya que el precio está en 6.500 el kg. El principal comprador es Chocolates Colombia. El objetivo es vender varios productos derivados del cacao, y así darle mayor valor agregado al producto. El municipio cuenta con catadores de cacao, y han competido con el producto en concursos internacionales.

Todo lo manejan a través de asociaciones. El caucho lo maneja la asociación Agrocampo, compuesta por 350 familias que producen caucho. El cacao también lo maneja una asociación.

Ambas iniciativas las apoya la embajada de Estados Unidos a través de USAID. El proyecto abarca municipios del norte de Antioquia y algunos del sur de Córdoba, estos municipios constituyen el corredor cauchero-cacaotero. Era también una zona con alta influencia de grupos armados, entonces buscan darle otra vocación económica a la región. Sin embargo, es muy difícil porque la presión sobre la minería ilegal deja a los grupos informales sin fuente de financiación, y entonces obligan a la gente a sembrar coca y por tanto se ha observado un aumento en estos cultivos.

Finalmente, al indagar sobre la visión del municipio frente a la minería, el funcionario manifiesta que es consciente que es una actividad históricamente y culturalmente importante para la población, y a pesar de los conflictos socioambientales que se presentan, el municipio busca que la actividad se pueda seguir desarrollando evitando la degradación del ambiente y los problemas sociales.

14.7.2.3 Reunión Alcaldía Municipal de Zaragoza

La reunión en la Alcaldía Municipal de Zaragoza se llevó a cabo el martes 1 de septiembre de 2015. Atendió la reunión la Dra. Xiomara Molina, coordinadora de Minas y Medio Ambiente.

El equipo consultor explicó a la Dra. Lozano el alcance del proyecto y el objetivo de la reunión. Se explicó que los principales eventos amenazantes para la minería en la región son el aumento en la temperatura que podría llegar hasta los 3°C para el final de siglo, y un posible aumento o disminución (leve) de las precipitaciones.

La Sra. Molina inicia explicando que el municipio tiene 2 tipos de minería, los barequeros y los que utilizan retroexcavadoras. También hay dragas, que trabajan con planchones sobre el río. Se trabaja en los ríos Nechí y en el Porce, este último es el más afectado por la minería. Se ha desarrollado una dinámica en el municipio donde los mineros comparten los espacios de explotación: las dragas y las planchas dejan entrar a los barequeros para trabajar 2 horas diarias. Ellos entran con un tanque o con costales, y meten todo el material que puedan y salen para hacer le beneficio en otro lado.

El municipio adelantó un censo minero, que había sido difícil de hacer porque la actividad es muy nómada, y se contabilizaron 5.000 barequeros, fueron identificados y se les dio un carnet. La alcaldía expidió una resolución para darles estatus de barequeros, se pasó la lista a la ANM y ellos ya aparecen en el RUCOM (registro único de comercializadores de minerales), y ahora pueden vender el oro directamente sin pasar por intermediarios, lo que aumenta su margen de ganancias.

Con respecto a la época invernal, comentan que hay zonas dentro del casco urbano que se inundan cada vez que llueve. Además, en zona rural hay 2 veredas donde se desarrolla la minería y que también se inundan: Aquisí y El Pato. Las dos veredas quedan incomunicadas por las inundaciones y el acceso fluvial es difícil. Adicionalmente estas zonas tienen una situación complicada de orden público.

El invierno no afecta particularmente los servicios públicos, sólo el alcantarillado en zona rural sufre un poco. Las vías se ven muchas veces afectadas por la lluvia, principalmente en el casco urbano. Se inundan principalmente las zonas cercanas al río Nechí, pero la población no queda incomunicada ya que se transportan por vía fluvial.

En época de verano tampoco hay mayores afectaciones sobre la actividad minera, porque los mineros también se acomodan para seguir trabajando. El transporte de suministros (combustible, agua) sí se complica para las minas que se encuentran río arriba, ya que transportan los suministros a través del río.

Sobre las oleadas de calor, comentan que la temperatura ha aumentado, y que han tenido temperaturas de hasta 40°C. Sin embargo, esto no afecta el trabajo al aire libre, los mineros siguen trabajando. Explica la funcionaria que la única razón para que un minero deje de trabajar es porque se le dañó la maquinaria o le falta algún insumo para el desarrollo de la actividad, casi nunca debido a condiciones climáticas.

Con respecto a otros eventos climáticos extremos, comenta la funcionaria que hace 2 años hubieron fuertes vendavales. También comenta que hay muchas tormentas eléctricas sin lluvia, estas afectan en algunas ocasiones el servicio de energía, aunque no causa daños prolongados, solo va y vuelve la luz.

Referente al nivel de dependencia económica del municipio frente a la actividad minera, estima la funcionaria que es entre el 60% y 70%, porque no hay diversificación de la economía. Por esta razón el municipio está impulsando los procesos productivos agrícolas, como el arroz, maíz, yuca, caucho, cacao. En la parte pecuaria están desarrollando la piscicultura (cachama, tilapia, bocachico).

Sobre la cantidad de empleos que genera la actividad minera, explica que esto varía, hay algunas dragas donde trabajan hasta 30-40 personas, y hacen campamentos en zona rural cerca de los ríos. Sin embargo, en las dragas más pequeñas trabajan entre 3 y 4 personas. Y los barequeros por lo general trabajan solos o de a 2.

Finalmente, la funcionaria dice que la minería es muy importante para el municipio, ya que dinamiza otras actividades comerciales y de servicios.

14.7.2.4 Reunión empresa Mineros S.A.

La reunión con la empresa Mineros S.A. se llevó a cabo el miércoles 2 de septiembre de 2015. Atendieron la reunión el equipo encargado de la gestión ambiental, Ing. Carlos Castaño y la Ing. Eliana Figueredo, y del equipo de producción el Ing. Julián Osorio.

El equipo consultor explicó a al equipo de Mineros S.A. el alcance del proyecto y el objetivo de la reunión. Se explicó que los principales eventos amenazantes para la minería en la región son el aumento en la temperatura que podría llegar hasta los 3°C para el final de siglo, y un posible aumento o disminución (leve) de las precipitaciones. Se les invitó a reflexionar sobre las posibles amenazas que estos eventos climáticos generarían sobre la actividad minera que ellos desarrollan, y a la minería de oro en general.

El Director de la División Ambiental inicia explicando que la minería aluvial depende de las cuencas hidrológicas, cauces principales y llanuras de inundación. Las operaciones dependen entonces de la hidrología de la zona. A partir de hidráulica e hidrología se planea todo (explotación, logística, transporte). Dicha planeación se hace considerando las épocas de invierno y verano para el movimiento de las operaciones para producción. Con el cambio climático el conocimiento de cuando eran las épocas de verano e invierno se ha modificado, actualmente hay mayor aleatoriedad de esas épocas, lo que dificulta la planeación. Hay que considerar mayor erraticidad en los datos, esto obliga a la producción a improvisar un poco, y esto genera vulnerabilidad.

En época de invierno el riesgo para la actividad sería que aumente demasiado el nivel del río, y que la profundidad máxima alcanzada por las dragas no sea suficiente para lograr extraer el material del lecho del río.

En cuanto a la época de verano, comentan que la sequía podría afectar el beneficio del oro por falta del recurso hídrico. Además, en época de sequía fuerte hay mayor concentración de sedimentos, el flujo que entra en el sistema de beneficio es más denso o más pesado, y esto dificulta el proceso. Por otro lado, la minería artesanal sobre todo, se favorece con la época de sequía, porque baja el nivel del río, los barequeros tienen mayor acceso al río, y los que manejan dragas pueden alcanzar un nivel más profundo.

Adicionalmente, en época de verano el transporte de suministros se ve afectado, ya que el río es muy ancho pero con poca área de canalización, es decir es estrecho para navegar. En verano hay puntos en los que no es navegable, lo que también puede afectar otras actividades porque algunas vías están en muy mal estado y hay sitios a los que sólo se llega por vía fluvial.

Referente a los regímenes de lluvia, explican que de junio a julio tienen un veranillo y el invierno es entre octubre y noviembre. Sienten que llueve menos que antes, y que las lluvias se han desplazado alrededor de 2 meses, por ejemplo en septiembre era el período de máxima creciente del río, le llaman la creciente del cristo, ahora esa creciente ocurre en noviembre.

Sobre el aumento de la temperatura, comentan que la temperatura ha aumentado, han tenido temperaturas de 41°- 42° a la sombra. Sin embargo, no creen que las altas temperaturas sean inhabilitantes para el desarrollo de las actividades, las personas están muy acostumbradas al calor. Aunque mencionan que sin las pausas hidratantes adecuadas, el calor podría afectar el rendimiento de los empleados y el proceso de toma de decisiones. Adicionalmente, sienten que hay menos precipitación y menos humedad que antes.

Con respecto a eventos climáticos extremos como vendavales o tormentas eléctricas, cuentan que en el mes de mayo, y algunas veces en agosto, hay vientos fuertes y tormentas eléctricas. Lo que más los afecta son las tormentas eléctricas, ya que Mineros S.A. tiene su propia planta de producción de energía y los rayos han causado daños en algunas ocasiones, lo que finalmente repercute en la operación minera. Adicionalmente mencionan que la generadora se encuentra sobre el río Anorí, que en veranos fuertes se seca, lo que también los impacta.

La empresa manifiesta su preocupación sobre el componente de gestión ambiental, ya que manejan el tema de restauración ecológica a partir de una lectura del territorio antes de la intervención, para luego poder restaurar dejando todo lo más parecido posible a como estaba originalmente. Con el cambio climático, las coberturas vegetales y la fauna podrían verse afectadas por un aumento de la temperatura por ejemplo, entonces habría que tener eso en cuenta en el proceso de restauración.

Finalmente, ante la pregunta sobre cuál sería la estrategia de adaptación de la empresa ante el cambio climático, responden que lo primero que tendría que pensar la empresa es el tema logístico, de soporte y apoyo a la operación. Esto ya lo tienen un poco establecido, donde los elementos más pesados están siendo trasladados a zonas más cercanas a la zona de explotación.

El transporte de personas también es muy complicado, y deben pensar en cómo mejorar ese aspecto. En muchas partes es muy difícil para los botes seguir navegando, la gente se tiene que bajar a empujar el bote. Esto hace que se demoren 1 o 2 horas más de su horario habitual, lo que repercute en el cansancio de la gente y en su rendimiento.

14.7.2.5 Reunión Alcaldía Municipal de El Bagre

La reunión en la Alcaldía Municipal de El Bagre se llevó a cabo el miércoles 2 de septiembre de 2015. Atendió la reunión la Dra. Lina Osorio, funcionaria de la Secretaría de Ambiente.

El equipo consultor explicó a la Dra. Lina el alcance del proyecto y el objetivo de la reunión. Se explicó que los principales eventos amenazantes para la minería en la región son el aumento en la temperatura que podría llegar hasta los 3°C para el final de siglo, y un posible aumento o disminución (leve) de las precipitaciones.

Inicia la funcionaria, explicando que la mayor parte de las explotaciones mineras se hacen sobre los ríos Nechí y Tigüí. Los barequeros trabajan sobre todo en las quebradas, aunque son muy nómadas, cuando el nivel del río sube, se trasladan. El municipio tiene 4.800 barequeros registrados. Esto les da un beneficio, porque cuando no están registrados en la alcaldía entonces no pueden vender al precio normal, los compradores no les quieren pagar el precio justo, o deben pedir a alguien que esté registrado que venda por ellos, pero esa persona les cobra. Comentan que también existe la plataforma del SIG minero, pero es un caos. El proceso de registro de los mineros en la plataforma es muy lento, la plataforma se cae con frecuencia.

Sobre la época invernal la funcionaria comenta que se inunda con frecuencia la vereda Claver, las máquinas no pueden ingresar a trabajar en el río. Allí trabajan los mineros con retroexcavadoras a la margen del río.

Las vías, que se encuentran en estado regular, también se ven afectadas por las lluvias. Esto afecta particularmente las veredas que se encuentran más alejadas, los trayectos hasta el casco urbano son costosos, un viaje en moto puede llegar a costar hasta \$300.000. La dificultad para los mineros está en la comercialización del oro, ya que deben acumular lo suficiente como para que el viaje valga la pena. De igual forma, el suministro de insumos es difícil, ya que solo una parte se puede hacer en carro, el resto del trayecto debe ser en mula o caballo. Los mineros entonces hacen grandes compras (para más de un mes) y así se evitan los trayectos.

En cuanto los servicios públicos, el servicio de energía es el que se ve afectado, la luz se corta de manera intermitente, esto a veces causa daños en los electrodomésticos.

Con respecto a eventos climáticos extremos, no recuerdan sequías o vendavales. Manifiesta que sí hay tormentas eléctricas con frecuencia. También ha habido deslizamientos y accidentes por

derrumbes, pero en minería subterránea, 2 personas murieron en la mina de la Ye.

Referente a los mineros que trabajan con retroexcavadora, la funcionaria comenta que la mayoría de los que trabajan con retroexcavadoras son mineros ilegales, este problema se ve observado sobretodo en la vereda El Real. Es una zona que en este momento está difícil el acceso por temas de orden público.

Con respecto al nivel de dependencia del municipio a la actividad minera, responden que el 90% de la población se dedica a la minería. Se dedican a la minería y a otras cosas, mezclan la actividad con agricultura o ganadería. El segundo rubro económico más importante del municipio son las actividades agropecuarias.

14.7.2.6 Reunión Corantioquia Dirección Territorial Panzenú (Caucasia)

La reunión con la Dirección Territorial Panzenú de Corantioquia, ubicada en el municipio de Cauca, se llevó a cabo el jueves 3 de septiembre de 2015. Asistió a la reunión la Dra. Margarita Vélez, directora territorial, y el ingeniero Juan Meneses.

El equipo consultor explicó a los funcionarios de Corantioquia el alcance del proyecto y el objetivo de la reunión. Se explicó que los principales eventos amenazantes para la minería en la región son el aumento en la temperatura que podría llegar hasta los 3°C para el final de siglo, y un posible aumento o disminución (leve) de las precipitaciones.

Se inicia hablando sobre la época invernal. Explican desde la Corporación que la mayor parte de la minería es aluvial y que por lo general este tipo de minería es nómada y se adapta a las condiciones climáticas y coyunturales. Comentan que los municipios que se ven más afectados por el invierno son Cáceres, Cauca y Nechí, ya que sufren inundaciones. En el municipio de Nechí, se presentaron fuertes inundaciones en el 2010, lo que deterioró significativamente el estado de las vías, y hasta hace poco fue posible restablecer la comunicación por carretera hasta Nechí. Esa zona es muy baja, son llanuras aluviales, por lo que el río siempre ha pasado por ahí en época de invierno; aunque en el 2010 el río llegó a sitios donde hacía muchos años no llegaba.

En ese año algunos mineros, siguieron trabajando en los ríos y sufrieron pérdidas de maquinaria. Pero la mayoría sabe que es mejor esperar a que baje la creciente. Adicionalmente, los mineros que trabajan a orillas del Río Cauca o del Río Nechí, podrían estar en riesgo por los altos caudales que se ven allí, una avenida torrencial podría llevarse la maquinaria e incluso personas.

Comentan que en los recorridos que han hecho por el río Cauca y Nechí, la minería que más se ve es con dragas pequeñas en bordes de los ríos, y algunos dragones brasileños.

A los pequeños dragueros les afecta cuando sube el nivel del río, porque no pueden trabajar ya que no alcanzan la suficiente profundidad con las dragas. A los que trabajan con dragones, les sucede lo mismo. Los que hacen minería con retroexcavadora, no trabajan en el río, sino afuera. Cuando el nivel del río sube, se mueven a partes más altas. Cuando pasa el invierno, entonces vuelven a las zonas de inundación del río.

Los barequeros, también trabajan en las zonas de inundación de los ríos, y cuando llega el invierno se mueven a las partes altas o las quebradas.

Casi todos los mineros, buscan la manera de seguir trabajando, ellos se desplazan pero no dejan de trabajar.

Con respecto a las oleadas de calor, los funcionarios comentan que la temperatura promedio de la zona es 34-35°C, y han tenido registro de hasta 40°C y 42°C. En agosto tuvieron hasta 3 días seguidos con temperatura extrema. Consideran que las oleadas de calor no impiden la realización del trabajo al aire libre, a pesar de las altas temperaturas los mineros siguen trabajando. Ellos, hasta los barequeros, intentan protegerse del sol, usan camisas manga larga, gorras, algunos usan tapabocas, y otros elementos para prevenir afectaciones. Concluyen que no se verían afectados los horarios de trabajo, pero consideran que sí disminuye la capacidad operativa del trabajador, hay mayor agotamiento, afectaría el rendimiento del trabajador y eso puede afectar toma de decisiones y nivel de producción.

Comentan que las crecientes de los ríos causan mayores aportes de sedimentos. Explican que el municipio de Caucasia ha escrito varios oficios en relación con el incremento en sólidos en el río Mán, lo que aumenta los gastos en productos para el tratamiento del agua. Adicionalmente, el acueducto se ve obligado a utilizar pozos para el abastecimiento del agua, tienen 7 pozos en el área urbana.

En las épocas de inundaciones ha sido reiterativo que en la bocatoma del acueducto, por el nivel que tiene cercano al del río Mán, la sala de mando del acueducto se ha inundado, y esto ha causado racionamiento de agua.

En relación a la ocurrencia de vendavales, comentan que han habido vendavales fuertes, en 2009 tuvieron de los más fuertes arrancó un techo completo y quedó incrustado en un árbol. En el Bagre y Zaragoza son más constantes que en Caucasia, allá las precipitaciones son de 4000 mm aproximadamente y en Caucasia son menos 1200 mm. En el Bagre hubo vendavales fuertes también en el 2009 y en 2011 hubo un vendaval que arrancó el techo del polideportivo completo. Mencionan que también hay tormentas eléctricas fuertes en la zona.

Con respecto a la percepción de la comunidad frente a la minería, el funcionario comenta que la gente ve la minería como medio de subsistencia muy tradicional, sobretodo en municipios como Cáceres y Zaragoza.

No hay una oposición de la comunidad frente a la minería, excepto con la empresa Mineros S.A. La comunidad reclama que Mineros no los ayuda, quisieran apoyo con la construcción de escuelas, que Mineros comparta su agua potable, entre otras cosas. Consideran que hacen poca inversión social.

14.7.3 Conclusiones Visita

La visita al área de estudio permitió la confrontación de las investigaciones realizadas en el escritorio con la realidad que se vive en la zona.

Los escenarios presentados por el IDEAM estiman que esta zona será neutra en cuanto a precipitaciones (un aumento o una disminución de más o menos 10%), y que sufrirá de un aumento en la temperatura de hasta 3°C para final de siglo.

Frente a esto, en los diferentes municipios que se visitaron, los actores manifiestan que no sienten un aumento o una disminución de las precipitaciones. Sin embargo, sí han cambiado los regímenes de lluvia, se han desplazado de alrededor 2 meses. Dan el ejemplo de una creciente del río Nechí que generalmente ocurría en el mes de septiembre y que ahora ocurre en noviembre.

La mayoría de municipios son propensos a inundaciones, principalmente Zaragoza, Tarazá y Nechí. Por lo tanto de aumentarse los eventos climáticos extremos, estos municipios podrían verse fuertemente afectados.

La minería en la subregión es principalmente aluvial, con una gran proporción de mineros que son barequeros, algunos pequeños y medianos dragueros, y algunos mineros que utilizan retroexcavadoras. El municipio de Cáceres tiene 12 mil barequeros registrados en la Alcaldía Municipal. Zaragoza dice contar con 5 mil barequeros registrados y El Bagre con 4.800 barequeros. Todos los municipios hablan de la importancia de registrar los barequeros en la Alcaldía, para que puedan vender a su propio nombre sin necesidad de intermediarios, esto además de permitir mayores márgenes para el barequero, garantiza al municipio que el oro quede registrado según su origen y permite asegurar ingresos por regalías entre otros.

En cuanto a oleadas de calor, sienten que este sí ha sido un efecto sentido en la zona, donde la temperatura media es de entre 28° y 32°, pero han llegado a tener temperaturas de hasta 42° en municipios como Caucasia.

Los servicios públicos no se ven afectados en ningún municipio por el invierno o el verano.

La afectación a la minería por temas de cambio y variabilidad climática manifiestan es poca, ya que la minería se adapta, y los barequeros son nómadas, entonces se desplazan hacia donde puedan trabajar. Las crecientes de los ríos impiden o dificultan el trabajo de los mineros. Los barequeros se desplazan y los dragueros tratan de moverse a zonas donde puedan alcanzar

mejores profundidades.

Sobre eventos climáticos extremos, los vendavales no son frecuentes, sin embargo recuerdan uno ocurrido en el año 2009 que afectó principalmente a los municipios de Zaragoza y El Bagre. Las tormentas eléctricas sí son frecuentes en la zona y afectan principalmente actividades agropecuarias.

De forma general no se encuentran contradicciones entre lo que había sido investigado y lo constatado en campo. Sin embargo, si se detectaron problemáticas adicionales, como por ejemplo el transporte de suministros y de personas en esta región se hace principalmente por vía fluvial, y se ve afectado tanto por inviernos y veranos fuertes. Los fuertes inviernos causan mayor sedimentación de los ríos que dificulta la navegación, de igual forma en verano si baja demasiado el caudal del río tampoco se puede navegar. Las vías de forma general están en estado regular, y el acceso a los municipios de El Bagre y Nechí está en mal estado.

Por otra parte, a pesar de que en la mayoría de municipios manifiestan que no ven mayores afectaciones del cambio climático a la minería, esto es porque la minería en su mayor parte es informal y a pequeña escala, lo que le permite una mayor flexibilidad. La empresa Mineros S.A. sí dice verse afectada en la planeación de su operación y por el tema de transporte de suministro y de pasajeros por vía fluvial. Adicionalmente, deben realizar mayores pausas hidratantes para los empleados cuando hace mucho calor, lo que representa un costo adicional para la empresa. La pequeña y mediana minería, seguramente no se verá afectada en cuanto a planeación ya que esta no existe, pero sin podría bajar su nivel de producción debido a los cambios y además los mineros también podrían verse afectados en su salud. El problema es que los pequeños mineros siguen trabajando a pesar de las condiciones climáticas adversas, de intensificarse los eventos climáticos extremos podrían empezar a presentarse problemas de salud pública por deshidratación, afectaciones a la piel por exposición solar, entre otros efectos.

No se observa oposición a la actividad minera ni desde las comunidades ni desde las Alcaldías. Las comunidades manifiestan que es una actividad que hace parte de la cultura y que en todas las familias hay por lo menos un minero. Las Alcaldías dicen que es una actividad muy importante y que dependen de ella por el ingreso de regalías.

Finalmente, al indagar por el nivel de dependencia de los municipios a la actividad minera, en la mayoría de ellos consideran que éste se encuentra entre el 60% y el 70%. Podría ser una aproximación correcta ya que no se observa otra vocación económica en la subregión. Muchas actividades dependen directa o indirectamente de la minería, y a otros procesos productivos, como los agropecuarios, les falta competitividad frente a la actividad minera.

PARTE V: LAS AMENAZAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO AL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN EN EL ÁREA DE VILLAVICENCIO (META); CASO PILOTO

Introducción Parte V

El propósito de esta parte del documento es presentar la aplicación de la metodología expuesta en los capítulos anteriores para identificar los factores de vulnerabilidad de la minería al cambio y la variabilidad climática en un caso específico, el de la minería de materiales para la construcción en el área de Villavicencio (Meta).

En el primer capítulo de esta parte se recoge una caracterización sistemática, en primer lugar, del sistema minero que es la unidad de análisis del análisis de vulnerabilidad en este caso el de la minería de materiales para la construcción en el área de Villavicencio (Meta), que presenta unos rasgos comunes que hacen que pueda considerarse una entidad relativamente homogénea desde una perspectiva productiva.

A continuación se lleva a cabo una caracterización de un conjunto de sistemas naturales del área, clima, hidrología, geotecnia, que permiten aportar información sobre la propensión del área a sufrir los sub eventos derivados del cambio y la variabilidad climática pertinentes para el análisis de vulnerabilidad de la minería. De igual forma se lleva a cabo una caracterización del comportamiento histórico del área de análisis frente a los eventos derivados de la variabilidad climática reciente, que contribuyen de la misma forma a entender la propensión del área frente a estos eventos.

Cierra el capítulo de caracterización una descripción sintética pero amplia de las condiciones socioeconómicas del área de estudio.

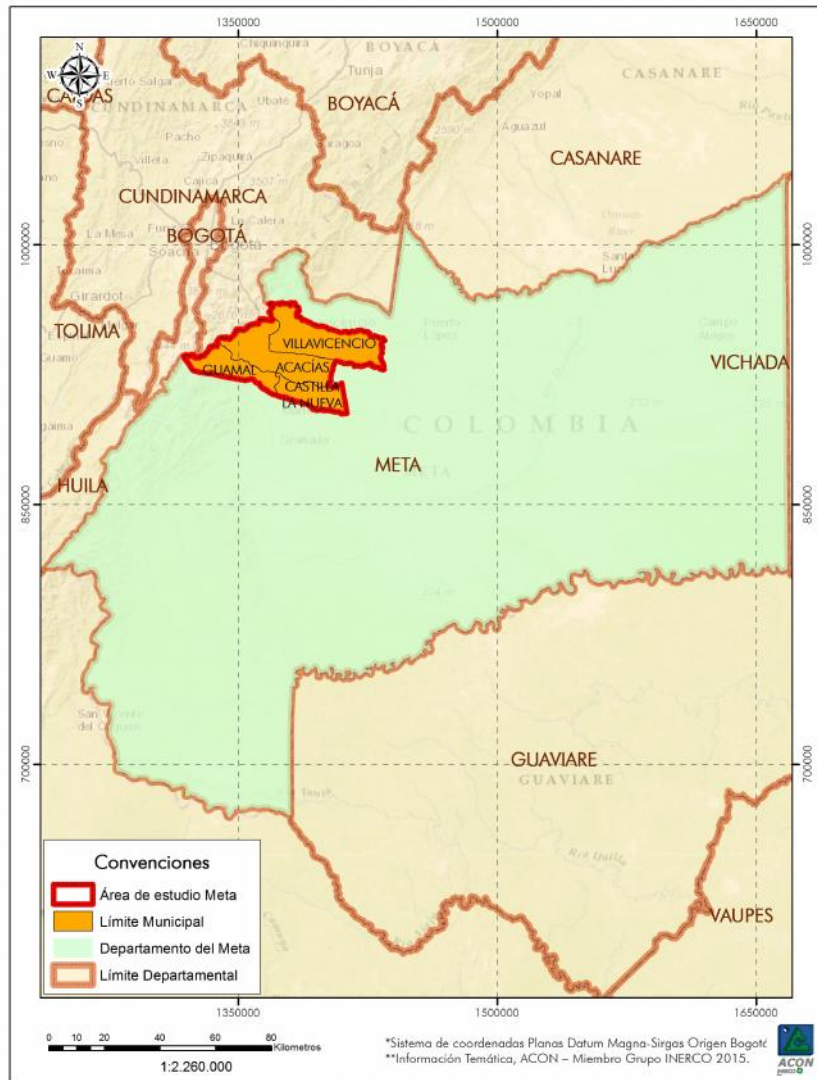
En el capítulo siguiente se lleva a cabo el propio análisis de vulnerabilidad de acuerdo con la metodología planteada utilizando como herramienta operativa las matrices antes descritas. El proceso se inicia con una detallada explicación de las proyecciones de temperatura y precipitación para el área derivadas de las comunicaciones nacionales, así como de estudios regionales disponibles, si es el caso, para luego pasar al relleno de las matrices, actividad que resulta de un trabajo colectivo del grupo de expertos que han realizado el estudio, y que ha sido nutrido de forma relevante por las visitas de campo que constituyen un elemento metodológico relevante. Como colofón, entonces se presentan las amenazas derivadas del cambio y la variabilidad climática identificadas para el sistema minero en cuestión, valoradas según su gravedad.

15. AREA DE ANÁLISIS

Los municipios de Villavicencio, Acacías, Castilla La Nueva y Guamal, se encuentran ubicados en el departamento del Meta, en la zona del piedemonte llanero.

Villavicencio es la capital del departamento y la ciudad más importante de los llanos orientales colombianos. Limita al norte con los municipios de Restrepo y Cumaral, al este con Puerto López, al sur con San Carlos de Guaroa, Acacías y Guamal.

Figura 15-1 Localización Zona de Estudio (Meta)



Fuente: ACON – Miembro Grupo INERCO, 2015.

16. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES NATURALES, SOCIOECONÓMICAS Y DEL SISTEMA MINERO DE EXPLOTACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL ÁREA DE VILLAVICENCIO (META)

16.1 Caracterización del sistema minero de materiales de construcción en el área de Villavicencio (Meta)

El Artículo 11 de la Ley 685 de 2001 –Código de Minas- define los materiales de arrastre como “[...] arenas, gravas y los clastos yacentes en el cauce mayor de una corriente fluvial [...]”. En cuanto a su clasificación según el tipo de depósito se tiene que los materiales de arrastre son aquellos ubicados en lechos y orillas de los ríos, mientras que las graveras corresponden a depósitos de terrazas aluviales. En ambos casos, los tamaños de partícula de las rocas y la arena dependen de la pendiente y la capacidad de transporte del río.

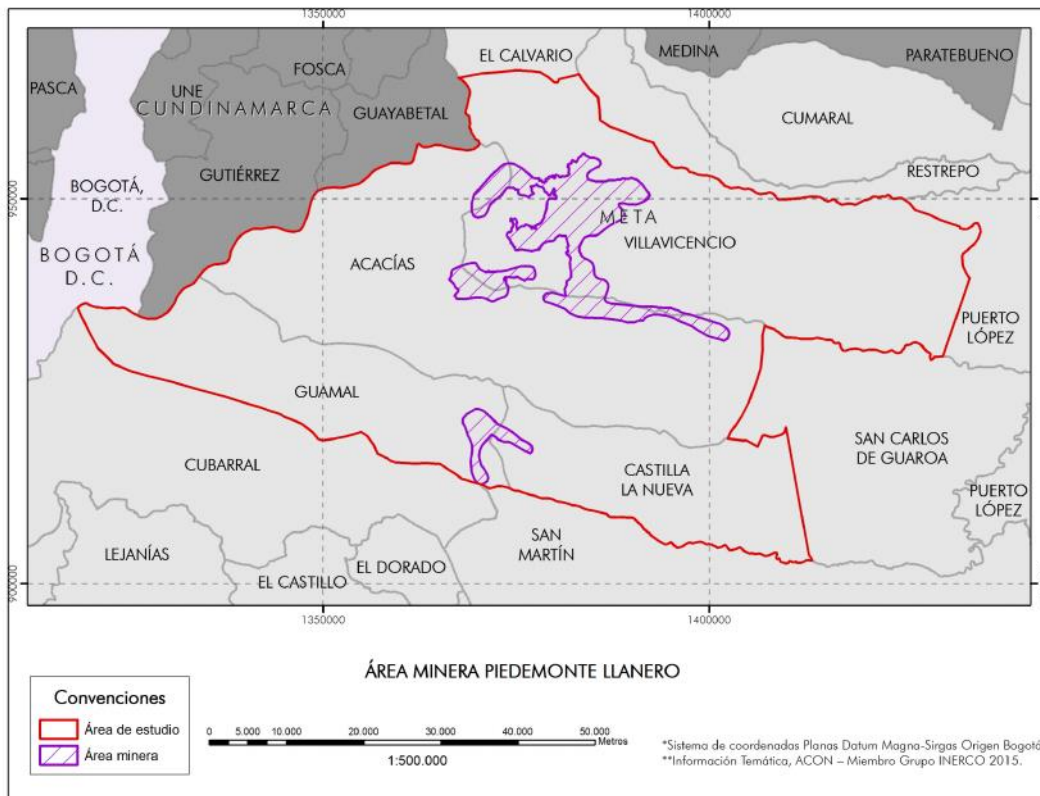
Este distrito, que a diferencia de los anteriores no fue descrito en UPME (2005), está compuesto por los municipios de Villavicencio, Acacías y Castilla La Nueva, que en conjunto representan el 9.2% de la producción total nacional acumulada entre 2011 y 2014, siendo la segunda mayor del país después de Tabio (Figura 16-1). Su importancia actual radica en que se convirtió en la fuente sustituta de materiales pétreos de las operaciones cerradas en la cuenca del río Tunjuelito en Bogotá.

Los ríos en los que se realizan estas actividades son el Guaitiquía sólo sobre su margen izquierda por restricción legal y el Guayuriba. Ambos ríos tienen historial de desbordamiento e incluso en algunos tramos se han considerado con riesgo alto en los documentos de planificación municipal puesto que en sus cabeceras se registran precipitaciones anuales promedio de 6000 mm (Alcaldía de Villavicencio, Plan de ordenamiento territorial Norte: Síntesis diagnóstica, 2013, pág. 15).

La mayor producción corresponde a la cuenca de los ríos Guaitiquía, sobre su margen izquierda, y Guayuriba, sobre ambos márgenes, en cercanías del área urbana de Villavicencio. Ambos ríos tienen historial de desbordamientos por crecientes amenazantes, especialmente el primero que recibe las descargas del embalse de Chingaza.

Actualmente existen conflictos con las comunidades quienes consideran que en la minería de los materiales de construcción está el origen de las inundaciones y los daños en acueductos e infraestructura rural y urbana por la tendencia creciente en los desbordamientos registrada en la última década. A lo anterior se suma la emisión de ruido y de material particulado y la afectación de las vías (UPME & Proyección IB2, 2014).

Figura 16-1 Área minera piedemonte llanero



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

16.1.1 Componente administrativo

El distrito está conformado de manera fundamental por empresas medianas de capital privado y una de capital público enfocadas en la comercialización regional dirigida a compañías de exploración y explotación petrolera del departamento y con tendencia creciente a surtir el mercado de la ciudad de Bogotá. A estas empresas se suma la existencia de mineros de subsistencia que contribuyen a abastecer el mercado local.

El crecimiento fuerte de la producción registrado en los últimos años y reportado oficialmente por la Agencia Nacional de Minería indica solidez en las empresas presentes en el distrito en cuanto a sus sistemas administrativos como a su fortaleza financiera.

Sin ignorar la debilidad en estos mismos esquemas expuesta por los mineros de subsistencia, puede señalarse que existen empresas cuyos sistemas de planificación han contribuido a crear un distrito minero en donde se cumplen las normas de seguridad e higiene minera, que cuenta

con personal capacitado para las tareas relacionadas y equipos técnicos acordes con las condiciones del yacimiento explotado.

16.1.2 Componente del recurso humano

Aunque las actividades extractivas se realizan dentro de los canales activos de ríos trezados con tendencia a crecientes asociadas con fuertes precipitaciones en las cabeceras de sus cuencas, no se considera que el personal este en condición de riesgo puesto que dichas crecientes son del tipo lento permitiendo a los operadores de las excavadoras y las volquetas retirarse del cauce con tiempo suficiente para evitar accidentes.

De acuerdo con lo expresado durante las entrevistas a funcionarios públicos y privados del distrito, el personal de estas plantas está expuesto a condiciones de alto ruido y material particulado. El uso de elementos de protección industrial está fuertemente restringido a las empresas formalmente constituidas, pues los mineros de subsistencias no lo utilizan.

16.1.3 Componente de la cadena de suministros

Villavicencio es el principal centro de abastecimiento de suministro comercial y de servicios en la Orinoquía colombiana. Los servicios que requieren mayor grado técnico o tecnológico son proveídos en Bogotá.

16.1.4 Componente extractivo

De acuerdo con Cormacarena hay 85 extracciones de materiales de construcción con licencia ambiental o plan de manejo ambiental aprobado en el departamento del Meta, de estos 39 están en Villavicencio, 10 en Acacías, cinco en Castilla La Nueva y cinco en Guamal. Es decir, que el 69.4% de los títulos mineros con autorización ambiental para la explotación de materiales de construcción están en estos cuatro municipios (UPME & Proyección IB2, 2014, pág. 112).

Los métodos utilizados para la extracción a cielo abierto de materiales de arrastre y graveras son los siguientes (PNUD & Alfonso, 2013):

- Minería a tajo abierto en el sector seco del canal. Consiste en el desarrollo de un tajo dentro del canal activo de corrientes efímeras o intermitentes mediante cargadores frontales convencionales o buldóceres. Cuando el río tiene regímenes de flujo variables el tajo se construye a lo largo del canal activo durante épocas secas.
- Minería a tajo abierto dentro del espejo de agua. Consiste en la excavación de un tajo en el canal activo bajo la superficie del agua o bajo el nivel freático, mediante el empleo de una

pala grúa o dragalina, o de una excavadora hidráulica para extraer el material sumergido. Generalmente, los tajos se practican a manera de trincheras o tiras lineales a lo ancho del canal (dársenas) y largo del canal.

- Excavación de barras. Es la explotación de los depósitos de las barras laterales o centrales.
- Trampas de grava dentro del canal. Son trampas de arena o de la carga de fondo que permiten capturar los materiales de arrastre sin generar un impacto hidráulico significativo en el canal
- Dragado de material sumergido. Con el uso de malacates y dragas de succión montados sobre barcasas se extrae las arenas de fondo y las transportan hasta un patio de acopio ubicado sobre la ribera.
- Métodos manuales. Varían desde el uso de pico y pala hasta el dragado manual practicado por un buzo que llena un recipiente metálico en cada inmersión para descargarlo en canoas.

16.1.5 Componente de almacenamiento temporal

Los acopios se realizan en cada sitio de extracción, en donde se benefician y se comercializa la producción. En época de verano, la generación de polvo es muy alta y en invierno se reportan pérdidas en las arenas almacenadas.

Para cargar las volquetas se utilizan cargadores frontales, excavadoras hidráulicas y tolvas. El descargue se realiza por volteo.

16.1.6 Componente transporte y comercialización

De acuerdo con el Decreto 2044 de 1988 el transporte de materiales de construcción se presta de forma libre, es decir, que este servicio puede ser prestado por particulares no adscritos o vinculados a empresas legalmente constituidas y, adicionalmente, no requiere manifiesto de carga según concepto del Ministerio de Transporte. De esta forma, las limitaciones están circunscritas a normas ambientales y peso transportado según número de ejes (UPME & Proyección IB2, 2014, pág. 86).

El sistema utilizado es el carretero con volquetas de dos y tres ejes que permiten la entrega directa en el sitio de consumo que en su mayoría corresponde a la zona urbana de Villavicencio y en una fracción menor a Bogotá y las instalaciones petroleras del departamento Campo Rubiales y Pompeya.

El transporte de materiales de arrastre dentro del distrito está afectado por “una deficiente regulación, obsolescencia del parque automotor, dilación en el cumplimiento de las políticas de reposición o chatarrización, falta de formalización sectorial, baja productividad y capacidad de generación en los sectores formales y de bajos niveles de aplicación de mejores prácticas, de las

que no es ajena la ciudad de Villavicencio y sus zonas aledañas” (UPME & Proyección IB2, 2014). Para trayectos mayores como Bogotá y las instalaciones petroleras se utilizan vehículos de modelos más recientes y en mejores condiciones.

El transporte de materiales de arrastre por los túneles de Buenavista y Bijagual está prohibido según la Resolución 2791 de 2004 del Ministerio de Transporte debido a la emisión de polvo que afectan los sistemas de ventilación. Por esta razón, los vehículos con grava y arena deben utilizar la vía antigua que tiene pendientes promedio superiores incrementando costos y tiempos de entrega.

Estos materiales se comercializan en boca de mina de donde es retirado por el comprador en vehículos propios o rentados para tal fin y, en consecuencia, el flete está a cargo del comprador aunque dicha modalidad se está revirtiendo dado que los productores mineros prefieren ofrecer el servicio de transporte (UPME & Proyección IB2, 2014, pág. 89).

16.1.7 Componente de beneficio y transformación

El proceso de beneficio del material de arrastre en el distrito está restringido a la trituración y clasificación por tamaño; en su mayoría los productores verifican el índice de desgaste de los áridos triturados mediante pruebas en la máquina de los ángeles.

16.1.8 Entorno de las unidades de producción

El piedemonte llanero ha dado lugar a un eje articulador llamado la Troncal del Llano que une San José del Guaviare con Arauca y cuyo centro principal es la ciudad de Villavicencio. Sobre esta troncal se encuentran los municipios de Guamal, Castilla La Nueva, Acacías y Restrepo. Adicionalmente, se considera que más del 50% de la población y el 76% de la economía del departamento del Meta están concentradas en estos municipios, incluido Villavicencio (DNP, 2011).

Según el DNP (2011), en el Meta no opera la planeación de largo plazo y se carece de un ordenamiento territorial que sea operativo.

16.1.9 Vulnerabilidad del sistema minero ante eventos climáticos

La mayor vulnerabilidad del distrito está relacionada con su ubicación en un piedemonte que da origen a cuencas alargadas con pendientes fuertes, constituidas por rocas altamente fracturadas con baja cobertura vegetal. Estas características son propias de ríos con tendencia a crecientes lentas con gran carga de sedimentos. Adicionalmente, las fuertes pendientes y la fracturación de

la roca permiten la generación de procesos de remoción en masa y erosión, esto con gran impacto sobre la vía que comunica el distrito con la ciudad de Bogotá.

Como es de esperarse por facilidad extractiva y disponibilidad de material, las actividades mineras están, en su mayoría, localizadas dentro los canales aluviales muy cerca de los conos de deyección.

Durante la visita de campo y las entrevistas con funcionarios públicos y empleados de las empresas mineras del distrito se extractaron los siguientes aspectos que incrementan la vulnerabilidad, tanto por sensibilidad como por capacidad de adaptación:

- Actividades mineras en ausencia de licencia ambiental.
- Ausencia o incumplimiento de protocolos de salud ocupacional y seguridad e higiene minera.
- Baja capacidad para salvaguardar la salud de la fuerza laboral.
- Construcción arbitraria de obras de desviación y canalización en el cono de deyección.
- Dependencia de las fuentes naturales susceptibles de contaminación durante la emergencia para obtener agua potable.
- Dependencia hídrica para el lavado del material.
- Desbordamientos por sedimentación excesiva en los canales naturales.
- Deslizamientos en la antigua vía a Bogotá.
- Dificultad para la planificación de mediano y largo plazo.
- Emisión de material particulado a la atmósfera en época de sequía.
- Erosión de banca por divagación de los cauces.
- Generación de procesos de remoción en masa y erosión.
- Incumplimiento de los programas de manejo ambiental.
- Inestabilidad de los puentes por acción del transporte excesivo de sedimentos.
- Inexistencia de alertas tempranas de situaciones peligrosas.
- Inundación de áreas mineras y patios de acopio.
- Modificaciones instantáneas de los cauces por dinámica fluvial asociadas a crecientes súbitas
- Muy bajo grado de conocimiento técnico de los fenómenos amenazantes tanto en las empresas mineras como en las instituciones municipales.
- Pérdida de cultivos por inundaciones
- Poco desarrollo de obras y actividades de mitigación sobre amenazas identificadas.

16.2 Caracterización hidrológica y climatológica del Meta (Villavicencio)

La presente sección tiene como objetivo la caracterización climatológica de la zona minera del noroccidente del Meta, la presentación de las proyecciones de acuerdo a las modelaciones de cambio climático del IDEAM y la introducción de las amenazas derivadas de ello. Para esto se

ha acudido a la documentación disponible en las diferentes instituciones con jurisdicción en la zona, además de aquellas a nivel nacional con estudios o actividades en la región.

En la primera parte, se muestra la localización geográfica de la zona de estudio, con su respectiva descripción climatológica e hidrográfica. En el siguiente punto, se centra sobre las proyecciones del comportamiento del clima en el futuro (precipitación y temperatura), para ello, se han analizado las comunicaciones sobre cambio climático que ha efectuado el IDEAM.

La Zona Minera para materiales de construcción se encuentra localizada al noroccidente del departamento del Meta (Ver Figura 16-1) conformada por los municipios de Villavicencio, Acacías, Castilla La Nueva y Guamal. La zona tiene gran vocación ganadera y petrolera. La actividad minera está relacionada con la explotación de material de arrastre de los ríos de piedemonte, para abastecer la industria de la construcción, especialmente para la ciudad de Bogotá y la industria petrolera de la región.

La explotación del material del arrastre se realiza sobre los cauces de los ríos Guatiquía, Guayuriba, Guamual, Humaeda y Orotoy principalmente. Sin embargo, es importante aclarar que la explotación sobre el río Guayuriba es la más importante.

16.2.1 Precipitación

En las cuencas de los ríos Guayuriba y Guatiquía se presentan precipitaciones medias totales anuales entre 900 mm en la estación Choachí localizada en las vecindades de la cuenca alta y 8000 mm en la estación Buenavista localizada en el sector centro oriental de la cuenca del Guatiquía. El valor mínimo de precipitación total fue de 17 mm durante enero en la estación Choachí y un máximo de 1200 mm durante mayo en la estación Buenavista.

El comportamiento de la precipitación a nivel regional presenta un régimen monomodal, correspondiente a un período húmedo comprendido entre abril y noviembre y un período de estiaje de diciembre a marzo. Sin embargo, es importante aclarar que durante agosto y septiembre se presenta un leve “veranillo”.

16.2.2 Temperatura

Las cuencas de los ríos de la zona tienen elevaciones entre los 400 msnm y 4000 msnm, por lo que se generan varios climas a lo largo de la cuenca, al igual que un gradiente importante de temperatura, el cual varía entre -4.0°C en la zona alta y 38°C en la zona baja.

La temperatura media mensual oscila entre 8.4°C y 26.4°C , registradas en las estaciones La Bolsa y Termo Ocoa, respectivamente, con un valor medio a nivel regional cercano a los 21.6°C , la cual es relativamente estable durante todo el año. Para la zona de explotación de material de

arrastre, la temperatura media es cercana a los 26°C.

16.2.3 Humedad Relativa

La humedad relativa regionalmente varía entre el 66% y el 96%, con un valor medio del 83%, disminuye en forma más severa en el primer trimestre del año en el cual se presenta el período de estiaje y presenta sus mayores valores entre abril y agosto. La humedad relativa media en la zona de explotación minera es de 80% - 82% aproximadamente.

16.2.4 Velocidad del Viento

El valor medio a nivel regional es de 2.1 m/s con una variación entre 0.9 m/s registrado en la estación aeropuerto Vanguardia y 5.2 m/s en la estación Chingaza. Las mayores velocidades del viento se presentan entre diciembre y marzo.

16.2.5 Evaporación

La evaporación de las superficie del agua en tanque clase A presenta una oscilación significativa a nivel medio total mensual multianual comprendida entre 28.4 mm/mes y 291.5 mm/mes registrados en las estaciones Salinas de Upín, con un valor medio regional total anual de 1.100 mm/año.

16.2.6 Brillo solar

La cantidad de horas sol es mayor durante el período de estiaje (de marzo a agosto) y disminuye en los periodos de mayor pluviosidad (de septiembre a febrero), con un valor medio a nivel regional que oscila entre 46,1 horas/mes y 205,7 horas/mes con un valor medio anual de 1.400 horas/año. El área de explotación minera presenta cerca de 1.200 horas de brillo solar al año.

16.2.7 Hidrografía

El río Guatiquía nace en el páramo de Chingaza a 3.500 msnm y tiene una longitud de 137 km hasta su salida a los Llanos Orientales. El río Guayuriba desde su nacimiento en la confluencia de los ríos Blanco y Negro ambos entregan sus aguas al río Metica, que posteriormente drena hacia el río Meta y río Orinoco.

Ambos ríos desde su nacimiento hasta el piedemonte se caracteriza por tener un valle en forma de "V" con laderas de pendientes muy pronunciadas y muy estrecho en el fondo. Al salir de la

cordillera, estos ríos amplían enormemente su cauce, formando un cono de deyección o abanico aluvial, este depósito de aluviones es característico de los ríos del área de estudio, donde la pendiente de las laderas enlaza con una zona llana.

La razón de formar este tipo de depósitos, ocurre debido a que la energía de los ríos con una importante carga de sedimentos se ve disminuida al encontrar la zona llana, su forma cónica hace que ejerzan de barrera natural en los ríos obligando a estos a desviar su curso y adaptarse al relieve. Las dimensiones de estos abanicos aluviales varían dependiendo de las características de la cuenca, y su cauce varía a lo ancho del abanico de acuerdo a las condiciones hidrológicas e hidráulicas de la cuenca en un momento dado.

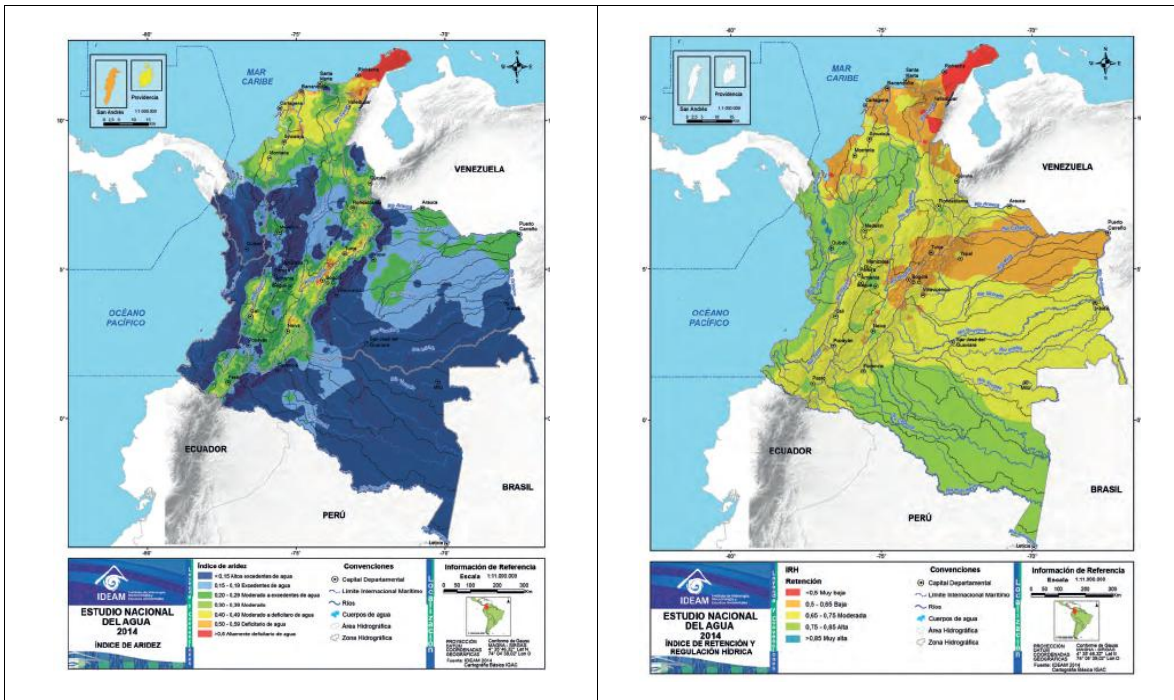
Los ríos Guayuriba y Guatiquía son de gran capacidad de transporte de material de fondo y lateral, constituido por bloques espesos, cantos rodados, guijarros, gravas y arenas, dando lugar a grandes formaciones de depósitos aluviales sobre todo el recorrido del cauce de la zona plana.

16.2.8 Estudio Nacional del Agua 2014

En el Estudio Nacional del Agua realizado por el IDEAM en 2014, se evalúan las condiciones de oferta y demanda hídrica de las poblaciones a nivel nacional. Para las poblaciones de la zona de explotación de material de arrastre se señalan húmedas en general, a pesar de presentar índices de regulación y retención hídrica moderados (Ver Figura 16-2).

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 16-2 Índice de aridez e índice de retención y regulación hídrica



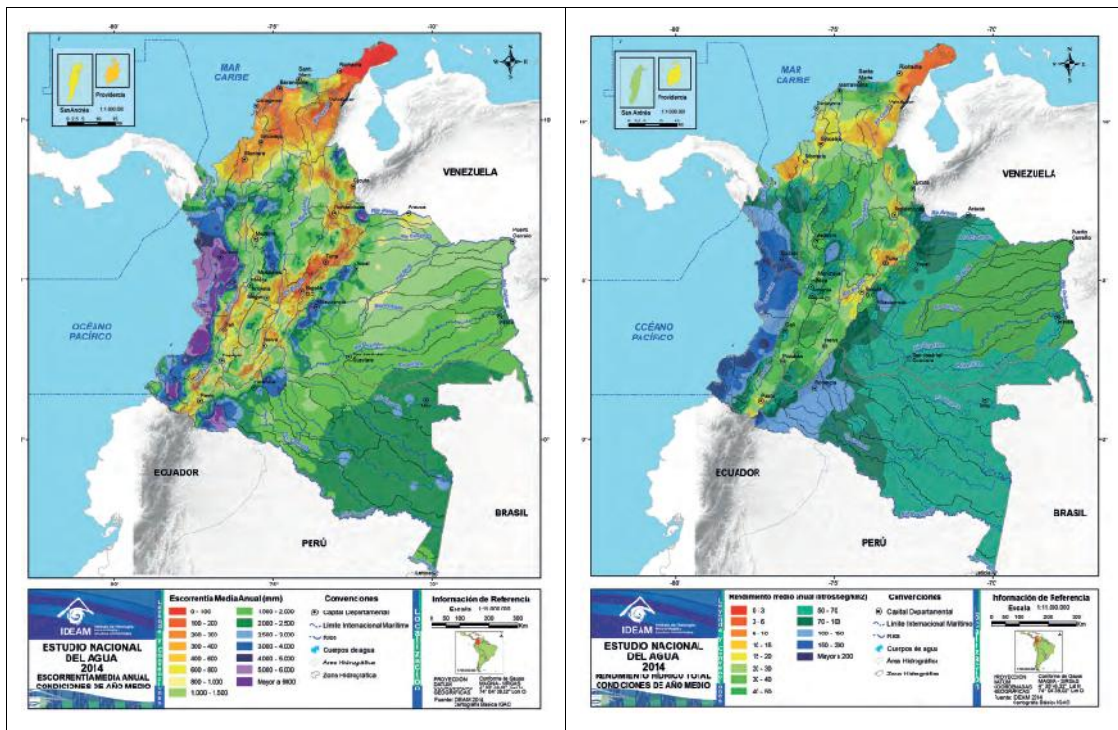
Fuente: ENA, 2014.

Con respecto a la escorrentía y rendimientos hídricos el área de estudio, esta se encuentra por encima de la media nacional, con valores para año medio de 3.500 mm de escorrentía y rendimiento hídrico cercano a 100 l/s/km² (Ver Figura 16-3). Las condiciones de oferta hídrica para un año seco se ven reducidas a valores de 1.000 mm y 60 l/s/km² en términos de escorrentía y rendimiento hídrico respectivamente (Figura 16-4).

Por otra parte, en condiciones de año húmedo se presentan valores de escorrentía cercanos a los 6.000 mm, mientras que los rendimientos hídricos de la zona se presentan valores que podrían alcanzar los 200 l/s/km² (Figura 16-5). Adicionalmente, el ENA (2014), presenta un mapa de amenaza ante inundaciones para diferentes periodos de retorno (TR 2,33 años y 20 años), mostrando a la zona de Villavicencio presenta una importante vulnerabilidad ante las inundaciones (Ver Figura 16-6).

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

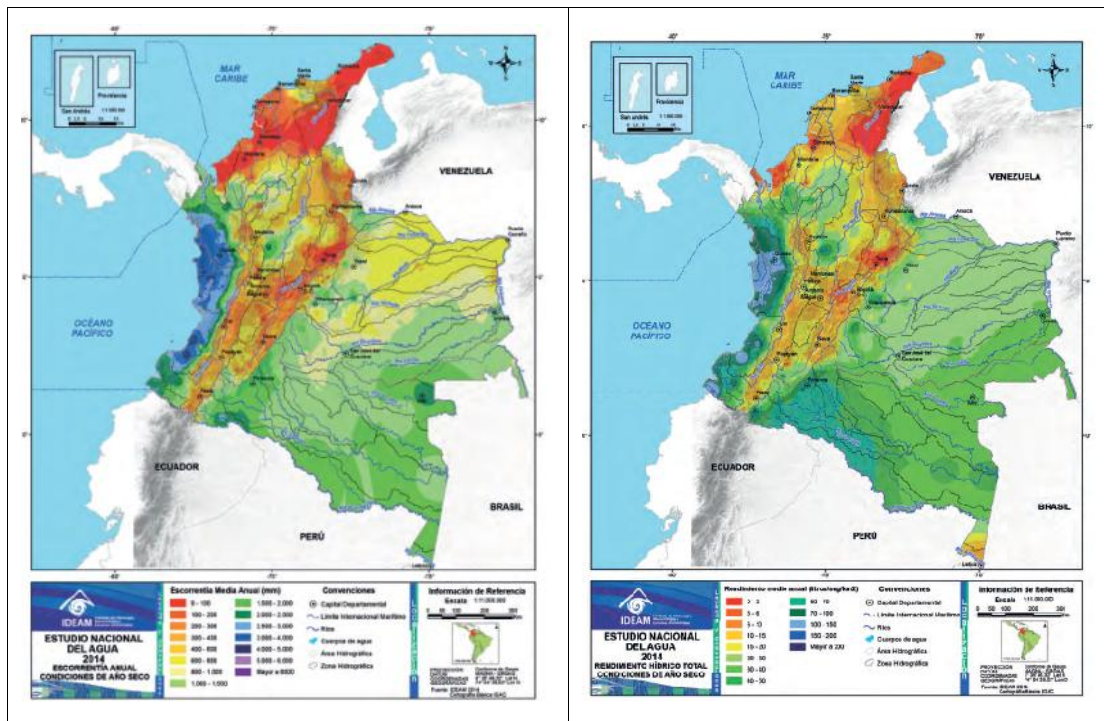
Figura 16-3 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año medio



Fuente: ENA, 2014.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

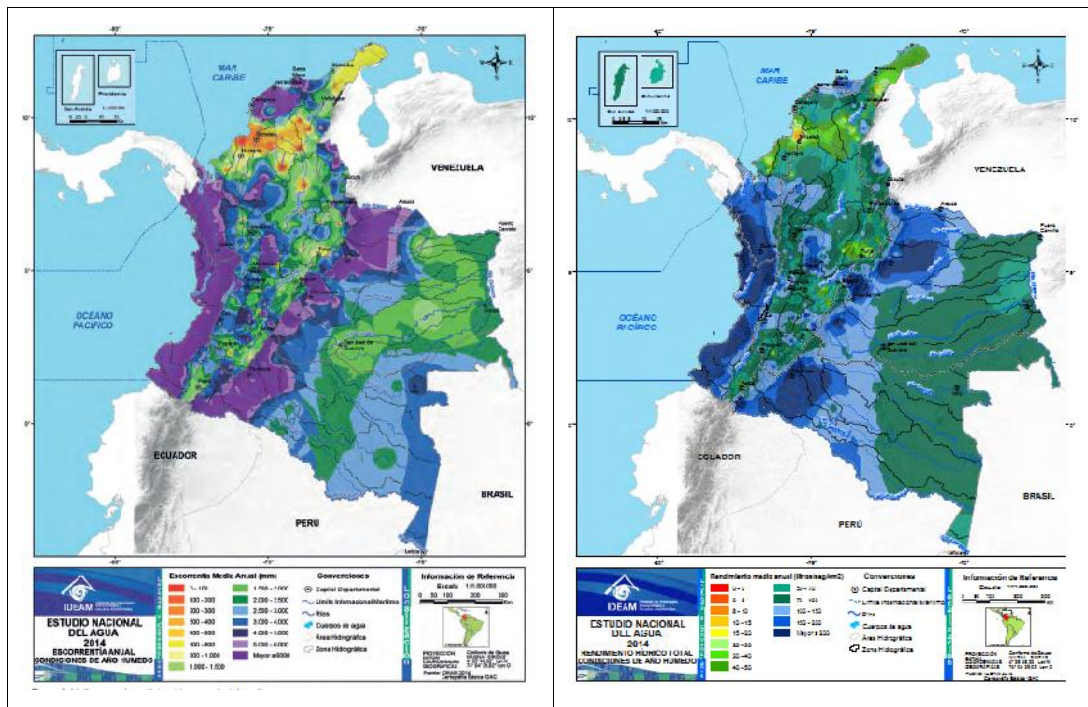
Figura 16-4 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año seco



Fuente: ENA, 2014.

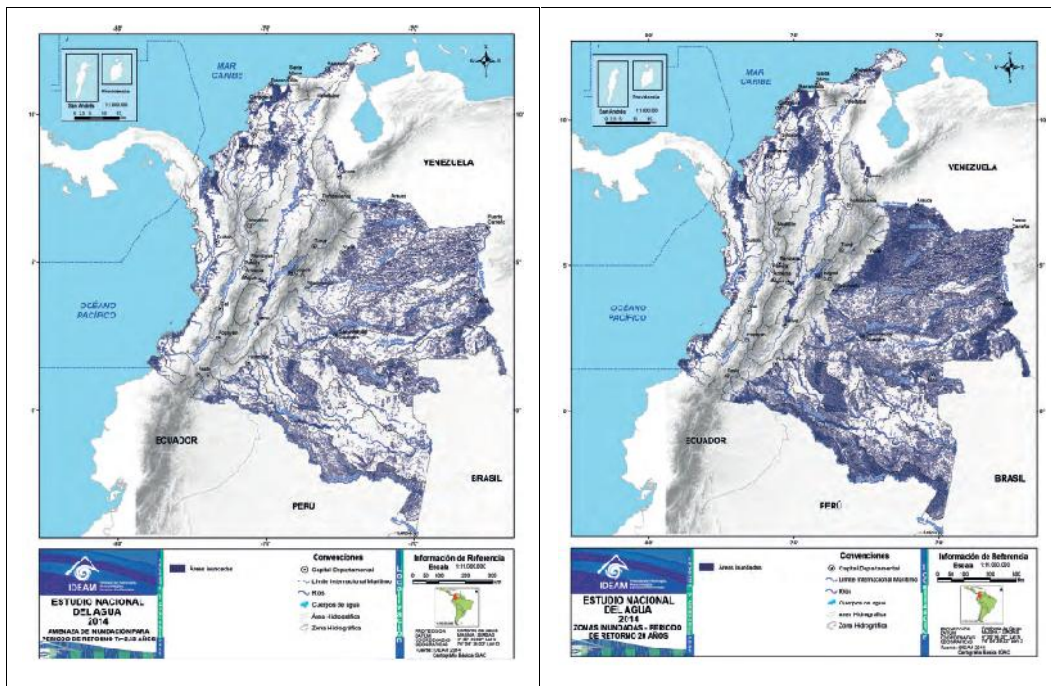
Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 16-5 Escorrentía y Rendimiento hídrico condiciones año húmedo



Fuente: ENA, 2014.

Figura 16-6 Amenaza ante inundaciones para diferentes periodos de retorno



Fuente: ENA, 2014.

16.2.9 Comportamiento de durante eventos climatológicos extremos (condición El Niño – condición La niña)

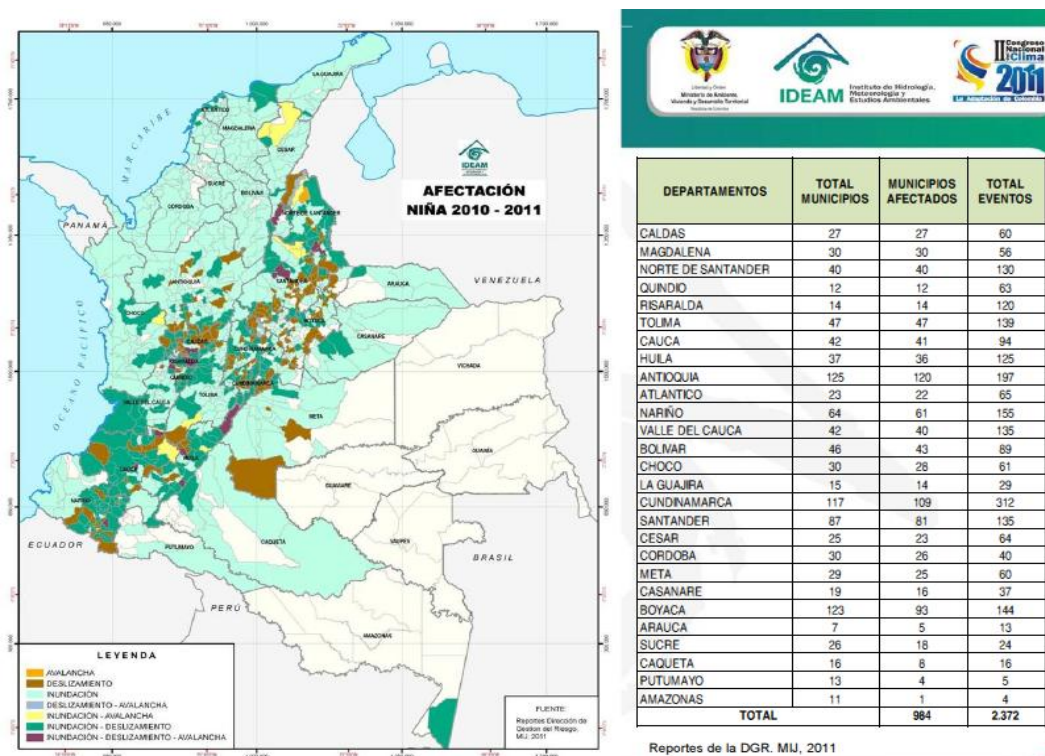
Para conocer el estado de vulnerabilidad de la zona de explotación minera de material de arrastre ante eventos extremos (condiciones Niño y Niña), se ha acudido a la información disponible en las instituciones del Estado que tratan de inventariar fenómenos como inundaciones, remociones en masa e incendios forestales principalmente.

El IDEAM elaboró un reporte nacional de los eventos presentados durante el periodo Niña 2010-2011, en donde se puede observar que el departamento del Meta presenta cerca de 60 afectaciones, principalmente, las relacionadas con inundaciones y remociones en masa (Figura 16-7).

Con relación a los efectos derivados de la condición El Niño, la zona de la Orinoquía presenta diferencias con respecto al resto del país, especialmente con la zona Andina, ya que muestra condiciones retardadas y amortiguadas, es decir, las sequías se presentan ligeramente después de lo que ocurren en la región Andina y con intensidades menores.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 16-7 Inventario Inundaciones y Remoción en masa



Fuente: Presentación IDEAM II Congreso Nacional del Clima.

16.3 Caracterización geotécnica del área del Meta (Villavicencio)

Este numeral tiene como objetivo la caracterización geotécnica de los municipios Guamal, Acacias, Castilla La Nueva y Villavicencio pertenecientes al departamento del Meta. Esta sección recopila la información disponible en las instituciones de orden nacional.

16.3.1 Geología

Los municipios ubicados en el departamento del Meta se encuentran en las estribaciones de la Cordillera Oriental y abarcan las siguientes unidades fisiográficas: Región de la Cordillera Oriental y Piedemonte Llanero.

En el municipio de Guamal se identifican las rocas metamórficas del Grupo Quetame, constituidas por filitas, cuarcitas y pizarras, así como una sucesión monótona de Metamorfitas del conjunto de rocas Metalimolitas del río Guamal, el cual está constituido por rocas filitas

microplegadas.

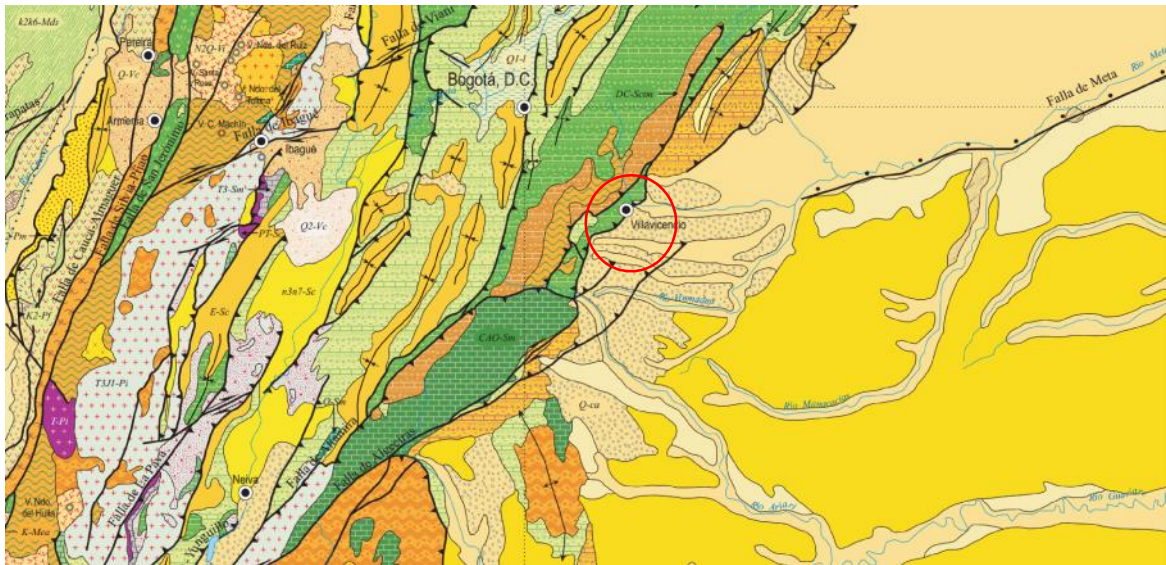
Geológicamente el municipio de Acacías presenta una estratigrafía y una geología estructural variada teniendo en cuenta los fenómenos que dieron formación a la cordillera oriental. Dentro de las rocas de edad Cretácica están identificadas las formaciones Lutitas de Macanal (Kilm), areniscas de Cáqueza (Kic), la formación Fómeque (Kif), Une (Kiu), Chipaque (Ksc) y el grupo Palmichal (Ktp). De edad Terciaria se identifica la formación Arcillas del Limbo (Tal). El municipio de Acacías también presenta depósitos Cuaternarios que han sido formados por el transporte y depositación de los sedimentos en las partes bajas de la cuenca.

El municipio de Castilla la Nueva, comprende formaciones geológicas de la edad del Terciario y del Cuaternario, así como aluviones recientes, terrazas bajas conformadas por depósitos de cantos rodados y gravas, y terrazas altas conformadas por depósitos gruesos de arcilla, limos y arena.

En el municipio de Villavicencio se encuentra conformado por una sucesión de areniscas, lutitas, filitas y cuarcitas pertenecientes a los conjuntos de rocas: Grupo Quetame, Grupo Farallones, Formación de Brechas de Buenavista, Grupo Cáqueza, Formación Fómeque, Formación Une, Formación Chipaque, Grupo Palmichal, Formación Arcillas de El Limbo, Formación Arenisca de El Limbo, Formación la Corneta y la existencia de algunos depósitos cuaternarios. Dichas formaciones están conformadas en su mayoría por rocas de edad predevónica y algunas secuencias sedimentarias que corresponden al Jurásico superico y al Terciario. Puntualmente se identifican sectores de depósitos aluviales.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 16-8 Geología municipios de interés departamento del Meta



LEYENDA

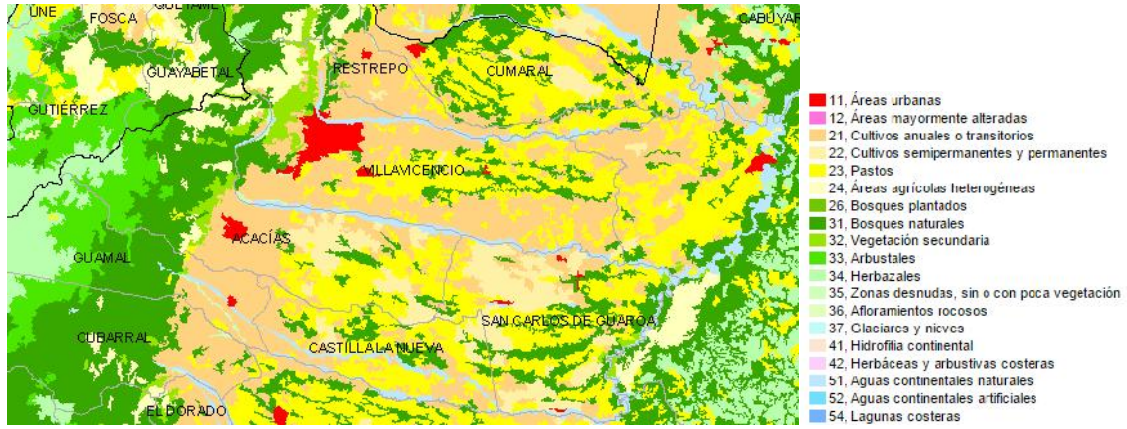
DEPÓSITOS							SEDIMENTARIAS (S)										VULCANOCLÁSTICAS (F/C)					ROCAS			
Tipo de depósito							Ambiente										Ambiente					Composición			
Aluvial (Aa)	Deltaico (Da)	Fluvial (Fa)	Fluvial (Fb)	Marino (Ma)	Distal de conchas (Dc)	De cenizas (Ca)	De cenizas (Cb)	Volcanoclastos (Vc)	Continental (Co)	Marino (Mo)	Transicional (Tt)	Continental - Transicional (Ct)	Marino - Transicional (Mt)	Continental - Marino (Cm)	Transicional - Marino (Tm)	Continental (Co)	Marino (Mo)	Continental - Transicional (Ct)	Transicional (Tt)	Basáltica (Ba)	Andesítica (An)	Intermedia (In)	Filítica (Fi)		
Qa-f	Qd	Qf	Qf-a	Qm	Qc	Qc	Qc	Qc	Qc	Qc	Qc	Qc	Qc	Qc	Qc	S20f-F2C	Mo	Co	Tt	Qc-Fw				Qc-F	
				S2p					S2-S	S2-Sm						S20f-F2C							S20-F		
									S2-S	S2-Sm	S2-S	S2-S	S2-S			S2-FG	S2-FGc								

Fuente: Ingeominas

16.3.2 Cobertura del suelo

En la Figura 16-9 se muestra la cobertura del suelo de los municipios de interés del Meta. La zona se caracteriza por estar cubierta en su mayoría por pastos y cultivos y en menor medida, bosques.

Figura 16-9 Cobertura del suelo

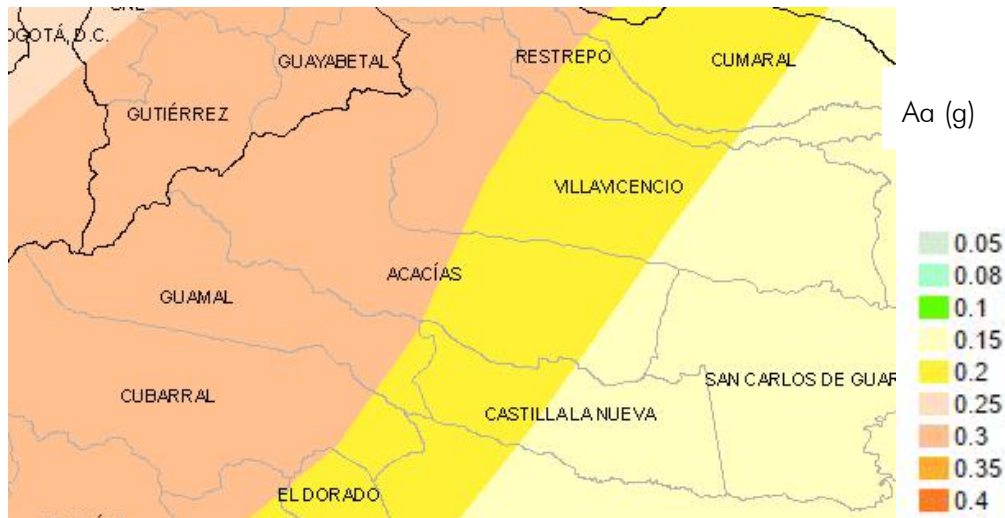


Fuente: SIGOT

16.3.3 Zonificación sísmica

Los municipios de interés del departamento del Meta poseen tres zonas sísmicas diferenciadas por la presencia de fallas y por ser un área de piedemonte. Los valores de aceleración A_a varían entre 01.5 y 0.25g.

Figura 16-10 Zonificación Sísmica



Fuente: SGC, 1982






16.3.4 Amenaza por remoción en masa

De acuerdo con la información publicada en el SIGOT la amenaza por remoción en masa en la zona posee grado: baja, media, alta y muy alta.

Cada una de los grados se define por la diferencia en pendiente de acuerdo con la topografía en la zona. La zona plana corresponde a categoría baja y a medida que se avanza entre el piedemonte y la parte alta de la montaña se tienen los cambios de grado media a alta.

Figura 16-11 Amenaza por remoción en masa



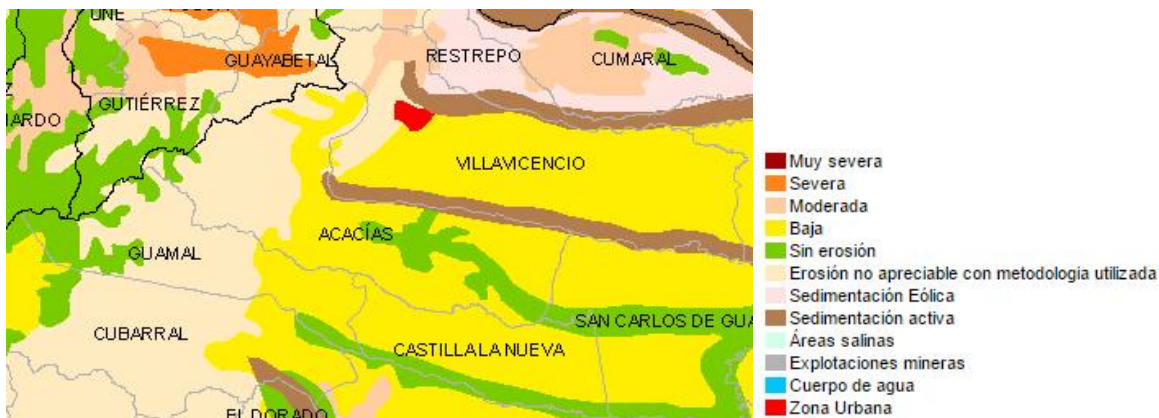
GRADO	CARACTERÍSTICAS	PROCESOS
<p>MUY ALTA</p> 	Asociada a formaciones de litología variada en la Provincia I y II del Occidente con rocas sedimentarias y coberturas coluviales. Estas formaciones están afectadas tectónicamente de manera apreciable y en consecuencia presentan gran fracturamiento y cizallamiento.	Alta concentración de deslizamientos y otros procesos.
<p>ALTA</p> 	Rocas sedimentarias y cristalinas muy cizalladas. Alto gradiente topográfico e intenso fracturamiento con presencia de milonitas en zonas de falla. Pertenecen a zonas de alto desarrollo e intervención antrópica un poco menor al de las zonas de categoría alta.	Alta recurrencia de movimientos en masa. En zonas de rocas metamórficas comunes deslizamientos y avenidas torrenciales.
<p>MEDIA</p> 	Zonas con relieve fuerte y condición débil inherente o adquirida de los materiales expuestos: suelos, saprolitos, rocas de dureza moderada o rocas duras muy fracturadas.	Deslizamientos y flujos de detritos. Intenso cárcavamiento asociado.
<p>BAJA</p> 	Rocas blandas o depósitos poco consolidados en regiones de relieve moderado. Comprende altiplanos y zonas cubiertas por depósitos aluviales.	Predominio de erosión concentrada y diferencial. Presencia de deslizamientos.
<p>MUY BAJA</p> 	Asociadas a áreas de paisajes llanos, con baja a nula pendiente, con depósitos recientes y precipitación variable.	Erosión diferencial y desprendimientos.

Fuente: SGC, 1982

16.3.5 Erosión

En la Figura 16-12 se observa la distribución de la erosión. En la zona plana la erosión es baja y en las zonas de ríos se da el efecto de sedimentación activa. En la zona de piedemonte se tiene erosión moderada. Existen zonas sin erosión en la parte alta y en la zona plana.

Figura 16-12 Erosión



Fuente: SIGOT

16.4 Caracterización Socioeconómica Del Meta (Villavicencio)

16.4.1 Perfil Demográfico

Los cuatro municipios cuentan con una población en su mayoría urbana, si se toma el total de los habitantes de los municipios, el 92,7% de la población habita en las cabeceras municipales, y tan solo el 7,3% en zonas rurales (DANE, 2005).

El municipio que cuenta con mayor población es Villavicencio, capital departamental, con 484.429 habitantes. Sigue en orden de importancia, Acacías con 68.888 habitantes, y finalmente se encuentran Castilla (9.612 hab.) y Guamal (9.366 hab.).

La Tabla 16-1 muestra en detalle los datos demográficos de cada municipio.

Tabla 16-1 Perfil Demográfico

Municipio	Población			Ubicación		NBI
	Total	% Hombres	% Mujeres	% Urbano	% Rural	
Villavicencio	484.429	47,2	52,8	95,1	4,9	17,1
Acacías	68.888	49,1	50,9	84,4	15,6	22,7
Castilla La Nueva	9.612	51,9	48,1	50,5	49,5	23,4
Guamal	9.366	52,7	47,3	72,7	27,3	19,4

Fuente: Proyecciones Demográficas del DANE 2005-2020, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En cuanto al crecimiento demográfico, los municipios presentaron un crecimiento en promedio de su población de 23,9% entre el 2005 y el 2015, cifra superior a la media departamental (22,7%) y muy superior a la media nacional (12,4%). La tasa de crecimiento promedio anual para ese mismo periodo fue de 2,1% (DANE, 2005).

Se destaca por su crecimiento poblacional el municipio de Castilla La Nueva, con un crecimiento en su población entre el 2005 y el 2015 de 36%. El crecimiento anual promedio para ese mismo periodo fue de 3,1%.

El municipio de menor crecimiento poblacional fue Guamal, con una variación en su población de 5,3% en el periodo 2005-2015. Su crecimiento anual promedio fue de 0,5%.

La Tabla 16-2 y el Gráfico 16-1 muestran el crecimiento poblacional de la zona de estudio, con respecto al crecimiento departamental y nacional.

Tabla 16-2 Crecimiento Demográfico

Municipio	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Villavicencio	2,6%	2,6%	2,6%	2,5%	2,5%	2,4%	2,4%	2,3%	2,3%	2,3%
Acacías	2,4%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,3%

* Fuente: Censo DANE 2005

ACON-Miembro Grupo INERCO

Unidad de Planeación Minero Energética-

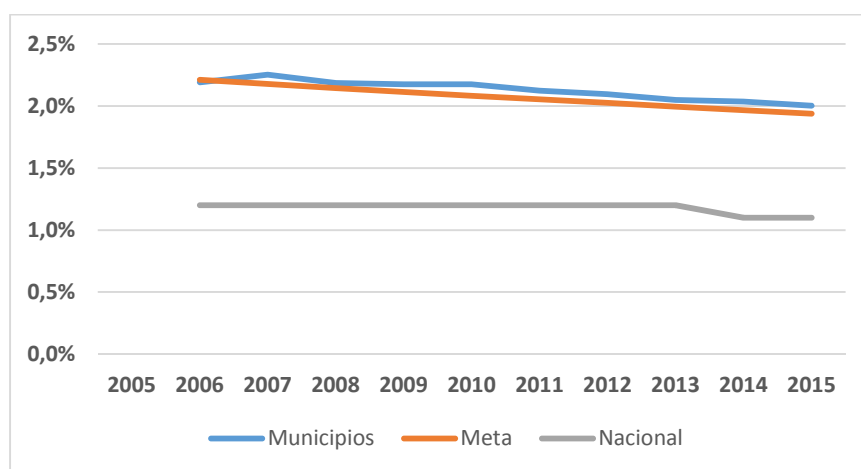
0580-112-V.001-octubre/2015

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Municipio	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Castilla La Nueva	3,3%	3,3%	3,1%	3,1%	3,1%	3,1%	3,1%	3,0%	3,1%	3,0%
Guamal	0,4%	0,6%	0,5%	0,6%	0,7%	0,5%	0,5%	0,4%	0,4%	0,5%
Meta	2,2%	2,2%	2,1%	2,1%	2,1%	2,1%	2,0%	2,0%	2,0%	1,9%
Nacional	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,2%	1,1%	1,1%

Fuente: Proyecciones Demográficas del DANE 2005-2020, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Gráfico 16-1 Crecimiento demográfico



Fuente: Proyecciones Demográficas del DANE 2005-2020, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Con respecto a las necesidades básicas insatisfechas (NBI), estas son bajas, todos los municipios se encuentran debajo de la media departamental (25,03). Esto podría explicarse por el hecho de que la mayoría de la población habita en zona urbana, y que por tanto cuenta con acceso a los servicios públicos y sociales básicos. El municipio con mayores necesidades básicas insatisfechas es Castilla La Nueva (23,4); Villavicencio es el que presentó menor índice de NBI (17,1), de esperarse al ser este municipio la capital departamental.

16.4.2 Servicios Públicos y Sociales

16.4.2.1 Servicios Públicos

Los municipios de Villavicencio y Acacías cuentan con todos los servicios públicos básicos en altas tasas de cobertura. Castilla y Guamal no cuentan con el servicio de gas domiciliario, y el servicio de telefonía fija tiene una baja cobertura en ambos municipios, principalmente en Guamal. (DANE, 2005).

El servicio de mayor cobertura en todos los municipios es el de energía eléctrica, que se encuentra por encima del 95% de cobertura en todos ellos, a excepción de Guamal. Este, es seguido por el servicio de acueducto que también presenta altas tasas de cobertura, en promedio la cobertura es del 81%. Los servicios de menor cobertura son el gas natural y la telefonía fija.

Guamal es el municipio con las tasas de cobertura más bajas en todos los servicios públicos, se destacan acueducto y alcantarillado con 45,9% y 15,8% respectivamente. La Tabla 16-3 muestra en detalle la cobertura de servicios públicos en los 4 municipios que integran el área de estudio.

Tabla 16-3 Servicios Públicos

Municipio	% cobertura				
	Energía Eléctrica	Alcantarillado	Acueducto	Gas Natural	Teléfono
Villavicencio	99,7	99,5	99,2	19,9	72,7
Acacías	97,1	85	91,4	78,9	38,6
Castilla La Nueva	97,3	63,8	86,9	--	29,6
Guamal	78	15,8	45,9	--	9,2

Fuente: Censo General DANE 2005, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

16.4.2.2 Servicios Sociales

A. Salud

La ciudad de Villavicencio cuenta con el mayor número de instituciones prestadoras de salud (207), la mayoría de ellas de carácter privado. Se destaca la Clínica del Meta (privada) que cuenta con servicios de cuarto nivel. Los demás municipios cuentan con atención básica de primer

nivel. Las instituciones se encuentran en su mayoría en los cascos urbanos.

En cuanto al tipo de régimen de salud, en Acacías la mayor parte de la población hace parte del régimen contributivo (54,6%) (Alcaldía Municipal de Acacías, 2012), y en Guamal, la mayor parte de la población hace parte del régimen subsidiado (61,8%) (Alcaldía Municipal de Guamal, 2012). Para los demás municipios no se encontró información disponible.

La Tabla 16-4 muestra en detalle las infraestructuras, el tipo de atención y los tipos de cobertura en los 4 municipios.

Tabla 16-4 Servicios de Salud

Municipio	Tipo de Infraestructura	Tipo de atención	Cobertura/ Régimen
Villavicencio	207 instituciones prestadoras de servicio de salud (privadas y públicas)	Cuarto nivel	No disponible
			No disponible
			No disponible
Acacías	2 Instituciones en el casco urbano: Hospital Municipal y Centro de Salud 3 puestos de salud en zona rural	Primer nivel	R. Subsidiado – 42,5%
			R. Contributivo – 54,6%
			No afiliados – 2,9%
Castilla La Nueva	2 Instituciones en el casco urbano: EPS e IPS	Primer nivel	No disponible
			No disponible
			No disponible
Guamal	2 Instituciones en el casco urbano: Hospital Local (EPS) y Servimédicos (IPS)	Primer nivel	R. Subsidiado – 61,8%
			R. Contributivo – 11,2%
			No afiliados – 27%

Fuente: Planes de Desarrollo Municipal 2012-2015, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

B. Educación

Los municipios cuentan con una alta tasa de cobertura en educación primaria, por encima del ACON-Miembro Grupo INERCO

Unidad de Planeación Minero Energética-

0580-112-V.001-octubre/2015

90% en todos los municipios. Esta cobertura disminuye notablemente en la educación secundaria.

La tasa de analfabetismo más alta la presenta el municipio de Guamal, cercana al 20% y la más baja la tiene Villavicencio (6%). La Tabla 16-5 muestra el detalle sobre el servicio de educación en los 4 municipios.

Tabla 16-5 Servicio de Educación

Municipio	Cobertura (%)		Infraestructura	Tasa de Analfabetismo ⁱ
	Primaria	Secundaria		
Villavicencio	No disponible	No disponible	Información no disponible 15 Instituciones de formación superior	6%
Acacías	94,1	67,9	Información no disponible	9,1%
Castilla La Nueva	93	57	2 Instituciones urbanas 10 escuelas rurales	10,9%
Guamal	110,52	66,2	Información no disponible	19,8%

Fuente: Censo General DANE 2005, y Planes de Desarrollo Municipal 2012-2015, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

16.4.3 Actividades Económicas

Los cuatro (4) municipios que forman parte del área de estudio, se ubican en el departamento del Meta, en el suroriente del país. A continuación se dará un panorama de la economía departamental, para luego presentar los aspectos más relevantes de la economía de cada municipio.

La economía del departamento del Meta se basa principalmente en la minería, la agricultura, la ganadería, los servicios y la industria. La industria minera está compuesta esencialmente por la extracción de petróleo y gas natural; se destaca la creciente producción de los campos de Apia y Castilla. En el sector agrario, los principales cultivos son la palma de aceite, arroz, plátano,

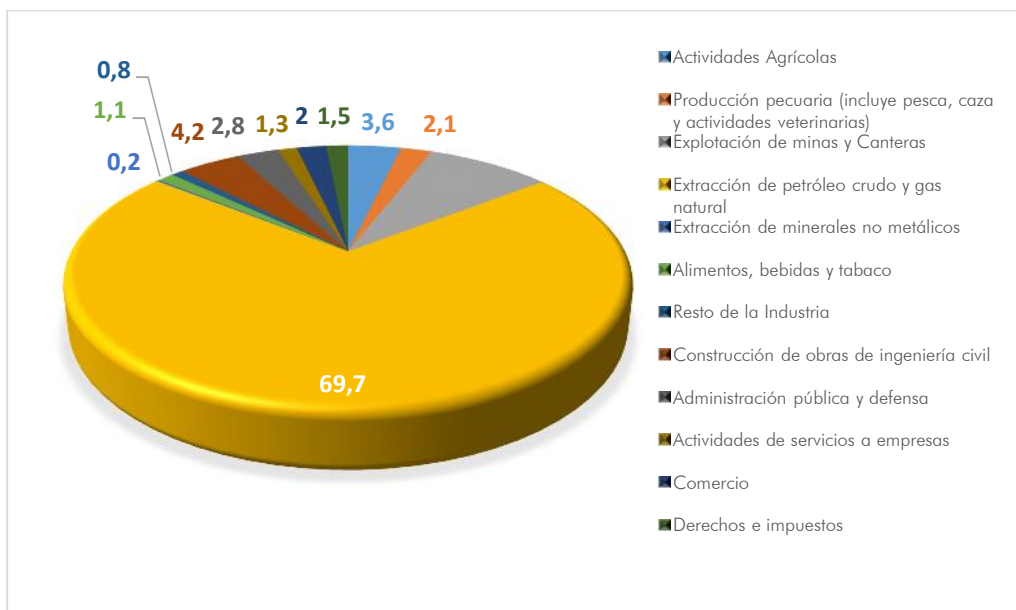
* Mayores de 18 años que no saben leer ni escribir. Fuente: Censo DANE 2005.

maíz, además de los de cacao, cítricos y otros frutales.

La actividad pecuaria produce mayoritariamente carne de res, y en menor medida carne de cerdo. En el sector servicios sobresalen la hotelería, restaurantes y bares. Finalmente, el sector industrial del departamento se ocupa principalmente en la elaboración de bebidas, extracción y refinación de aceite de palma, trilla de arroz, así como de la actividad metalmeccánica y de productos para la construcción.

El Producto Interno Bruto (PIB) del departamento en el 2012 fue de \$33.365 mil millones de pesos, aportando el 5,4% al PIB nacional (Banco de la República, 2014), situándose como el quinto departamento que más aporta. Desde 2008, el departamento ha tenido un crecimiento económico fuerte, impulsado por la extracción de petróleo crudo y de gas natural, este sector aporta el 69,7% al PIB departamental. El contexto es entonces de una economía poco diversificada y fuertemente dependiente del sector de hidrocarburos, con una tendencia decreciente de actividades agropecuarias, silvicultura y la pesca. La Figura 16-13 muestra el porcentaje de participación de las principales actividades económicas del departamento al PIB.

Figura 16-13 Participación de Principales Actividades Económicas al PIB departamental



Fuente: Informe de Coyuntura Económica Departamental, 2013, adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

A continuación se describen los principales sectores de la economía.

16.4.3.1 Sector Primario

La vocación agrícola más importante está en el cultivo de la palma de aceite, cultivo que demanda grandes extensiones de tierra, y que ha pasado a reemplazar otras actividades agropecuarias tradicionales de la región. En total entre los cuatro municipios, hay 22.800 ha cosechadas de este cultivo y se produjeron 66.600 toneladas (t) en el 2011 (Agronet, 2011). Son cultivos tradicionales de la zona, los cítricos (principalmente mandarinas), con 1.492 ha cosechadas y 36.170 t producidas, y el arroz, con 21.763 ha cosechadas y 77.683 t producidas (Agronet, 2011).

La Tabla 16-6 muestra los principales cultivos en los 4 municipios que conforman el área de estudio.

Tabla 16-6 Principales Cultivos por Municipio

Municipio	Cultivo	Área Cosechada (ha)	Producción (t)
Villavicencio	Arroz	16.693	59.088
	Cítricos	1.100	29.700
Acacías	Palma de Aceite	13.500	40.500
	Arroz	1.240	4.503
Castilla La Nueva	Palma de Aceite	9.000	25.200
	Arroz	3.830	14.092
Guamal	Cítricos	172	2.230
	Papaya	16	400

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA), Agronet, 2011.

Con respecto a las actividades pecuarias, la ganadería bovina es la más significativa, con aproximadamente 163.220 cabezas de ganado. En Villavicencio, el 8,2% del ganado es para producción de leche, el restante es de ceba (Alcaldía de Villavicencio, 2012). Contrario a la situación en Castilla La Nueva, donde el 61% del ganado es para producción de leche y el 39% para sacrificio (Alcaldía Municipal Castilla La Nueva, 2012).

En Acacías, la producción pecuaria es uno de los pilares económicos de municipio. La ganadería es particularmente importante, aunque otras ramas como la producción porcina o la piscicultura están ganando importancia.

Dentro de esta actividad, se cría principalmente ganado bovino con 69.600 cabezas de ganado y en segundo lugar, ganado porcino con 5.200 cabezas. La planta de sacrificio del municipio se encuentra cerrada, por lo que la mayoría de sacrificios se hacen en el municipio de Guamal o Villavicencio.

El Municipio también cuenta con el complejo ganadero denominado “Rosendo Vaquero”. Este se encuentra ubicado en la Vía Acacías – Villavicencio, a 1 km de la ciudad y presta los servicios de bascula ganadera, guía de movilización de ganados, papeletas y revisión por parte del DAS; cuenta con 2 oficinas y con 45 corrales para vitrina de venta del ganado, allí se comercializan al mes entre 2.000 y 2.500 reses (Alcaldía Municipal de Acacías, 2007).

En Guamal, el inventario pecuario registraba 232.350 aves en el 2011, siendo la actividad pecuaria predominante. El municipio es el tercero con mayor capacidad instalada para la producción de aves de engorde y postura en el Meta. Siguen en orden de importancia el ganado bovino (19.000 cabezas) y porcino (5.852 cabezas).

16.4.3.2 Sector Secundario

El sector de hidrocarburos es sin duda el más importante, principalmente la extracción de petróleo crudo. En la zona se encuentran 2 de los municipios que son mayores productores a nivel departamental: Acacías y Castilla La Nueva.

Según datos de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), la producción petrolera nacional alcanzó un total de 11.885.465 barriles por día (bpd) en el 2014, de los cuales el Meta aportó el 49,2% con 5.843.874 bpd (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2015). El departamento se erige en la actualidad como el mayor productor de crudo a nivel nacional gracias al auge que viene registrando la explotación de este bien, especialmente en los municipios de Puerto Gaitán, Acacías y Castilla La Nueva (Banco de la República, 2014). De los municipios estudiados, este último es el mayor productor, aportó 1.252.592 bpd en el 2014, correspondiente al 21,4% de la producción departamental. En ese mismo año, Acacías produjo 834.141 bpd, correspondiente al 14,27% de la producción departamental.

Antes del hallazgo de grandes yacimientos de petróleo, la economía minera estaba enfocada a la explotación de materiales de construcción, de arrastre, canteras, minas de sal, caliza, entre otros llamados minerales no metales; de los cuales algunos tuvieron un desarrollo vertiginoso desde el 2000 a la actualidad con el auge de la construcción urbanística y de obras civiles en los departamentos del Meta y Cundinamarca (Angulo, 2015). La Tabla 16-7 muestra los tipos

de minería presentes en cada municipio y los títulos mineros para cada tipo de minería.

Tabla 16-7 Número de minas en la zona Acacías, Castilla, Guamal y Villavicencio

Municipio Tipo de Minería	Villavicencio	Acacías	Castilla La Nueva	Guamal
Material de Construcción	76	38	22	13
Material de arrastre	8	6	-	-
Arena / gravas	9	2	-	-
Gravas naturales	1	-	-	-
Arcilla	1	2	-	-
Piedras preciosas	1	-	-	-
Carbón	1	1	-	-
Asfaltos	-	1	-	1
Total	97	50	22	

Fuente: Minería en el Meta, 2015.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, predomina la minería de materiales de construcción y de material de arrastre, seguida por la de arenas y gravas.

Villavicencio es el municipio con mayor explotación minera en el departamento, en particular de material de construcción, cuyas minas se encuentran en su mayoría cerca de las zonas urbanas y rondas de ríos, lo que genera no solo daños ambientales sino impactos en aspectos de salud y de calidad de vida de la comunidad (Angulo, 2015). Impactos que podrían verse exacerbados por los efectos del cambio climático.

Otras actividades industriales en la zona son las plantas extractoras de aceite de palma, los molinos de arroz, y el procesamiento y transformación de productos lácteos (leche pasteurizada, quesos, mantequilla y otros derivados de la leche).

16.4.3.3 Sector Terciario

Dentro de este sector se encuentran las actividades comerciales y de servicios, así como el turismo.

En los municipios de Acacías y Villavicencio la actividad comercial es particularmente importante. En Acacías, este sector representaba el 82% de los establecimientos registrados en el 2007. Según el censo económico realizado por la Cámara de Comercio de Villavicencio en este mismo año, la principal actividad económica del municipio era el comercio (60.76%) con 1.485 establecimientos, seguida por el sector de servicios y comunicaciones (21.47%) (Cámara de Comercio de Villavicencio, 2007).

Con respecto al turismo, esta actividad está cobrando fuerza en los municipios de la región. Por una parte, porque es la vía de desarrollo económico que se tiene contemplada como alternativa al petróleo, y por otra parte, porque la misma actividad petrolera ha traído consigo un flujo de personas, lo que demanda una cierta infraestructura turística (hoteles, restaurantes, transportes, sitios de recreación, etc.).

16.4.4 Mercado Laboral

En cuanto al mercado laboral, la población en edad de trabajar del departamento fue de 77,5% en el 2013, con una tasa global de participación relativamente alta, 61,1%. La tasa de ocupación fue de 54,8% y la de desempleo de 10,4%, muy cercana a la media nacional para el mismo año que fue de 10,7%.

En la ciudad de Villavicencio la tasa de desempleo fue de 11,2% para ese mismo año, superior entonces a la media departamental. La población en edad de trabajar corresponde al 78,4% de del total poblacional, y la población económicamente activa corresponde al 63,1%.

16.4.5 Infraestructura Vial

No se encontró información detallada sobre el estado de las vías en el departamento y en los municipios estudiados. Sin embargo, en el plan de desarrollo departamental 2012-2015 se plantea que 350 km de vías terciarias han sido intervenidas mediante mejoramiento o mantenimiento, el objetivo es duplicar ese número.

Por otro lado, en junio de este año se hizo la presentación y lanzamiento del proyecto “Infraestructura vial para el Meta”, este proyecto contempla principalmente construir dobles calzadas en las vías: Villavicencio-Acacías, Villavicencio-Puerto López, construir la variante

Restrepo, construir una calzada de 4 carriles en el anillo vial, y construir y mejorar los puentes entre Puerto Gaitán y Puerto Armenia.

Los cuatro municipios cuentan con una malla vial urbana en buenas condiciones, así como las vías secundarias que conectan entre sí, son todas de una sola calzada en doble sentido. Las vías terciarias, en su mayoría veredales, se encuentran en buen estado, principalmente aquellas vías que se comunican con la infraestructura petrolera.

El municipio de Castilla por ejemplo, cuenta con la totalidad de las vías pavimentadas en la cabecera municipal y con el 95% de las vías veredales pavimentadas (mezcla en vía con crudo Castilla) (Alcaldía Municipal Castilla La Nueva, 2012).

17. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE LA MINERÍA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL AREA DE META (VILLAVICENCIO)

17.1 Proyecciones de temperatura y precipitación para el área

Con las evidencias sobre el cambio climático a nivel nacional y mundial, el Instituto de Estudios Ambientales –IDEAM- ha presentado una serie de investigaciones sobre este fenómeno, los cuales pretenden alertar a los diferentes municipios sobre las posibles condiciones de precipitación y temperatura que se podrían presentar durante el siglo XXI. Para el presente inciso, se han escogido la segunda y tercera comunicación de esta entidad.

17.1.1 Segunda comunicación

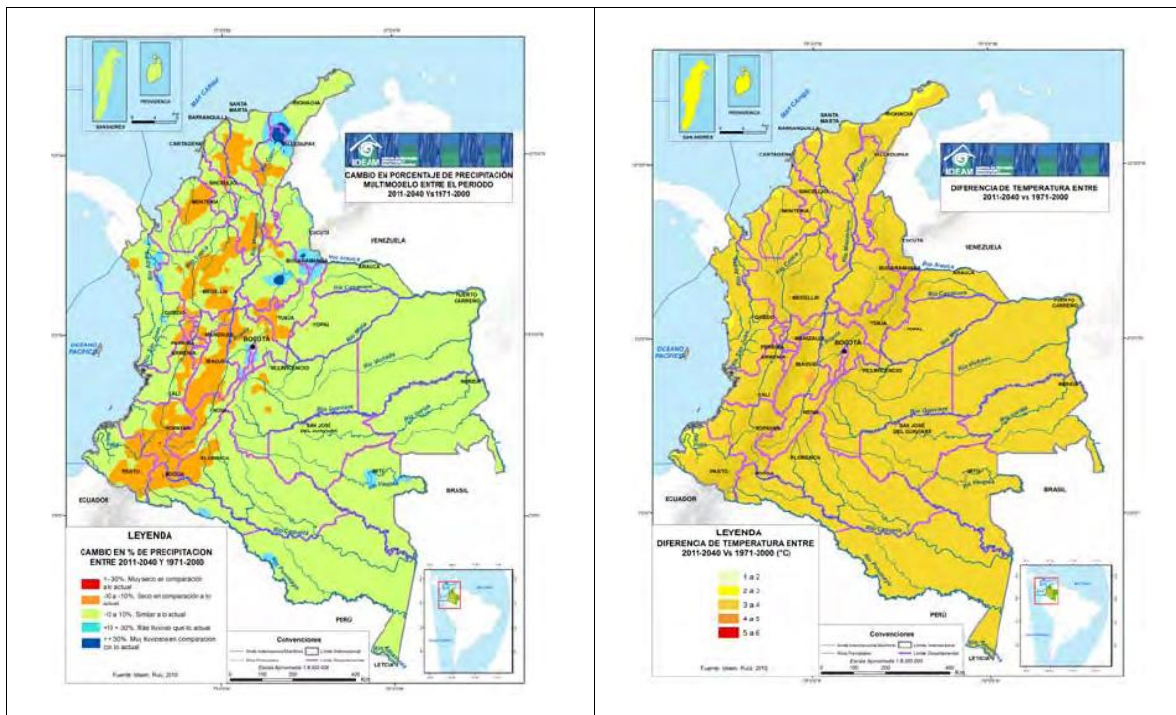
Durante 2010, el IDEAM publicó la segunda Comunicación sobre Cambio Climático para Colombia, empleando diferentes escenarios de emisiones y modelaciones que dan como resultado posibles cambios en temperatura y precipitación sobre el territorio nacional para los periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

Para la zona de explotación de material de arrastre, para el periodo 2011-2040, el IDEAM proyecta en general condiciones relativamente neutras, con variaciones entre -10% y 10%, con algunas pequeñas áreas con disminuciones aún mayores, entre el 10% hasta el 30%, comparadas con el escenario base de precipitación 1971-2000. Con respecto a la temperatura, se proyecta un aumento entre 2 y 4°C a lo largo del siglo XXI. (Ver Figura 17-1 y Figura 17-2).

Para la temperatura mínima, durante el periodo 2011-2040, se estima la disminución en un grado para la zona, mientras que para las máximas un aumento entre 1°C y 2°C. Para el periodo 2040-2070, se estima un incremento en la temperatura mínima de 2°C a 3°C y de 2°C a 3°C en la temperatura máxima. Para el periodo de final de siglo (2071-2100), se considera un incremento de la temperatura mínima de 2°C a 3°C, y de 3°C a 4°C para la temperatura máxima.

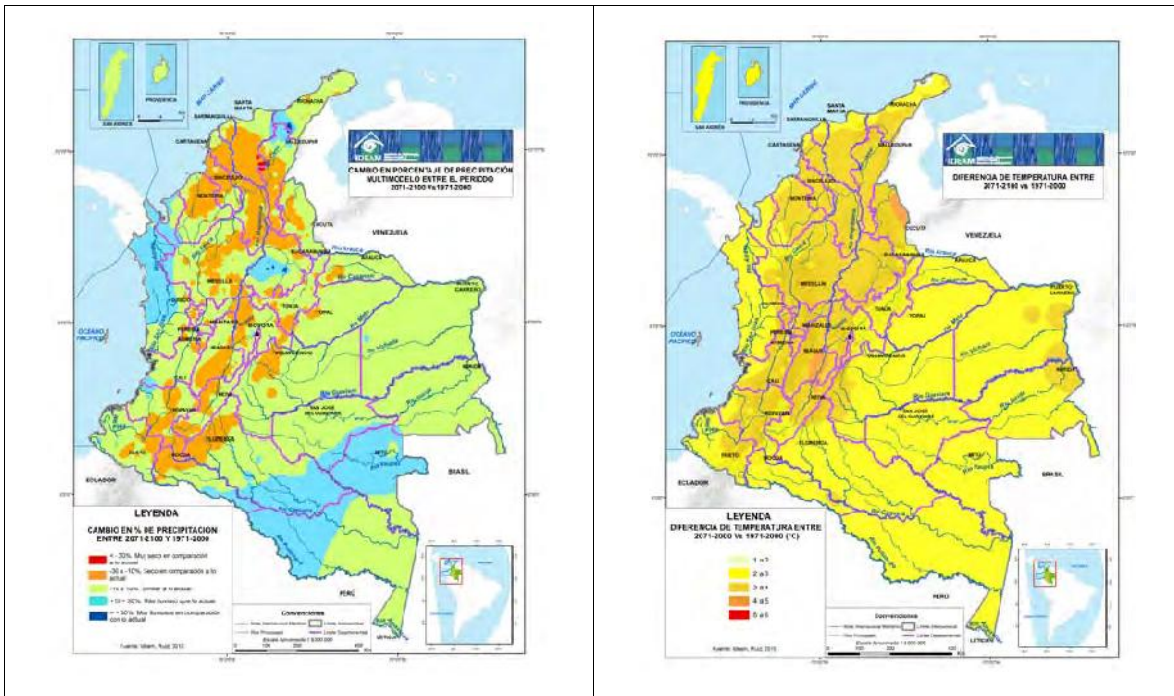
Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Figura 17-1 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2011-2040 Vs 1971-2000



Fuente: IDEAM, 2010.

Figura 17-2 Cambio en el porcentaje de precipitación y temperatura 2071-2100 Vs 1971-2000



Fuente: IDEAM, 2010.

17.1.2 Tercera comunicación

En línea con la motivación expuesta en el numeral anterior, el IDEAM continuó con la elaboración de escenarios para el cambio climático, y en 2015, publicó la tercera comunicación, en la que presenta nuevos escenarios de emisiones, e implementaba nuevos modelos. Además de realizar un esfuerzo significativo para proyectar los escenarios por regiones e incluso por departamento.

Dentro del análisis de la precipitación anual, para la zona de estudio durante el periodo 2011-2040, se esperan aumentos importantes en la precipitación, en línea con los aumentos esperados en la región andina entre el 10% – 40% y mientras que se proyectan disminuciones del orden del 10% – 40% en el norte del país, la Amazonía y la Orinoquía. Para el periodo 2041-2070 y 2071-2100, se espera un comportamiento similar al del periodo mencionado anteriormente. Los aumentos más relevantes se presentarían en la región andina entre junio y noviembre.

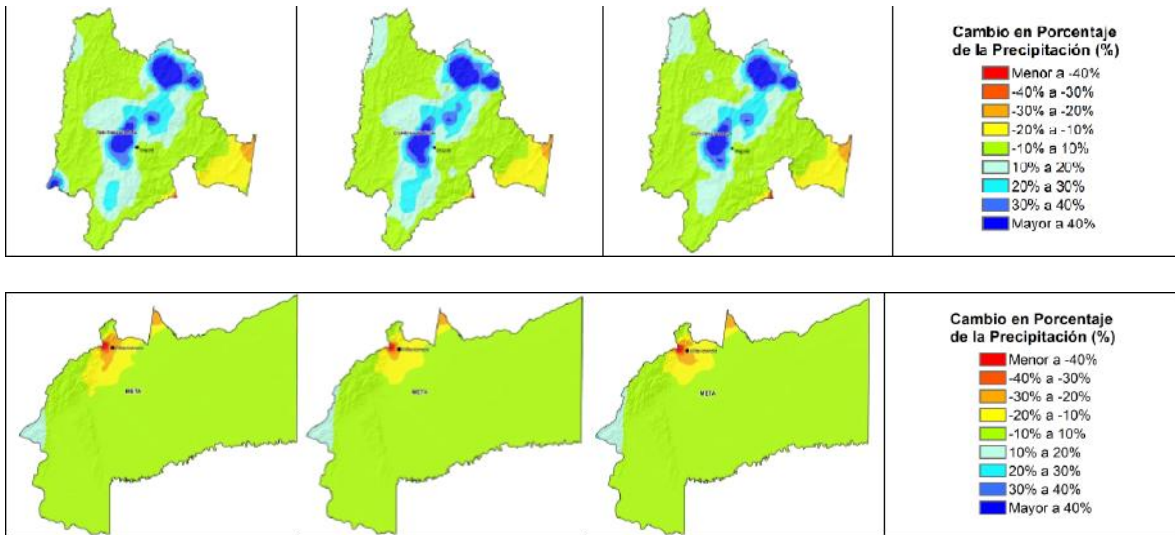
Con respecto a la temperatura máxima anual en Colombia, las proyecciones muestran alteraciones cercanas a 1°C, para el periodo 2011-2040. Para el periodo 2041-2070, se estima un ligero aumento, entre 1,2°C y 2,4°C, y finalmente, para el periodo 2071-2100, un aumento entre 2°C y 4°C. Con respecto a esta variable, se esperan los mayores cambios en los departamentos de Arauca, Caldas, Cesar, Quindío y Santander, mientras que los menores

cambios para los departamentos de Cauca, Magdalena, Putumayo y San Andrés y Providencia.

Para la temperatura mínima anual, se esperan ligeros incrementos cercanos al 0,7°C durante el periodo 2011-2040. Para el periodo 2041-2070, se prevén cambios entre 1°C y 2°C. Por último, para el periodo 2071-2100, se anuncia un cambio en esta variable entre 1°C y 3,5°C. Asimismo, se pronostican mayores aumentos en este campo en los departamentos de Arauca, Casanare, Guaviare y Vichada, y menores en los departamentos de Atlántico, Cesar, Córdoba, Magdalena y San Andrés y Providencia.

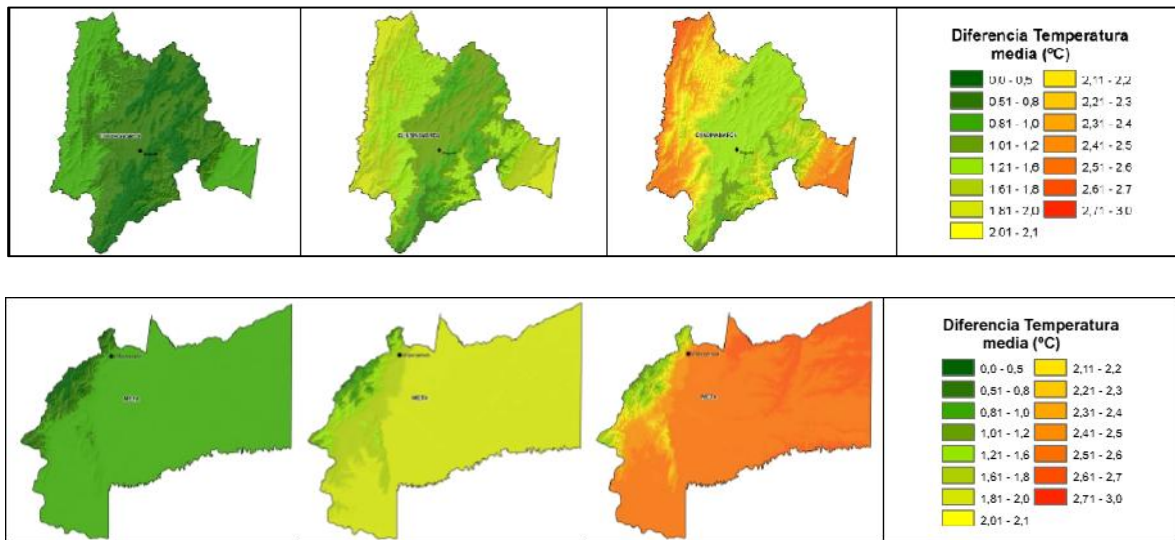
Las proyecciones esperadas para la zona de estudio se ilustran en la Figura 17-3 y Figura 17-4. Como se observa, en la zona de explotación se esperan disminuciones entre 10% y 40%, comparado con el periodo base. Esta tendencia se presenta para todos los escenarios desde 2011 a 2100. Con respecto a la temperatura, se anticipan incrementos graduales desde 0,8°C hasta 2,4°C al final del siglo.

Figura 17-3 Cambio Precipitación Cundinamarca y Meta, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)



Fuente: IDEAM

Figura 17-4 Cambio Temperatura Cundinamarca y Meta, Tercera comunicación (Periodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)



Fuente: IDEAM.

Con relación a las temperaturas mínimas y máximas también se presume un aumento moderado, para las mínimas, se esperan incrementos entre 1°C y 3°C, mientras que para las máximas aumentos desde 0,5°C para los próximos años, hasta incrementos sustanciales, de 5°C al final del siglo.

Es importante destacar que la cuenca alta de los ríos Guayuriba y Guatiquía se encuentran en el oriente del departamento de Cundinamarca, donde se esperan reducciones menores en la precipitación y pequeños aumentos de temperatura.

17.2 Principales Amenazas Estimadas Derivadas del Cambio y la Variabilidad Climática

De acuerdo con lo señalado por el IPCC, “La temperatura de la superficie de la tierra está proyectada para que aumente a lo largo del siglo XXI bajo todos los escenarios de emisiones evaluados. Es muy probable que las olas de calor ocurran con mayor frecuencia y sean más prolongadas, y que los eventos de precipitaciones extremas sean más intensos y más frecuentes en muchas regiones. El océano continuará calentándose y acidificándose, su nivel medio continuará en aumento” (2007, pág. 58).

Bajo esta premisa, se estima que todas las actividades de la economía se verán afectadas; por lo tanto, se procedió a determinar aquellas amenazas que se potenciarán a raíz de las alteraciones en la temperatura media de la atmósfera y la precipitación.

Como se expuso anteriormente, las comunicaciones y escenarios presentados por el IPCC e IDEAM, hacen referencia principalmente a alteraciones en la precipitación y la temperatura a escala global o regional. Estas alteraciones desencadenan modificaciones en el ciclo hidrológico, que afectan diferencialmente a las regiones dependiendo de su localización geográfica principalmente.

Las modelaciones globales tienen todavía dificultades para representar adecuadamente las implicaciones en el ciclo hidrológico tanto a nivel regional como a nivel de cuenca. Así lo expresa en los informes de IPCC, indicando que “Los modelos climáticos no simulan con precisión el ciclo del agua a una resolución suficiente como para atribuirles impactos hidrológicos de origen antropogénico o de cambio climático a escala de cuenca” (Jiménez, et al., 2014).

Por lo tanto, hay que tener presente que las proyecciones y los escenarios planteados por cualquiera de las agencias o los estudios especializados en el tema son limitadas y sus resultados entendidos como asistencia a la toma de decisión en política pública o sectorial más que como predicciones del futuro. La aplicación o interpretación de los escenarios a regiones o cuencas específicas deben ser resultados de estudios más detallados.

Dentro de los impactos que se han detectado como virtualmente posibles, y que son atribuibles con altísimo grado de certeza de ocurrencia durante el siglo XXI, se encuentran el aumento en el nivel del mar, el aumento de los días y noches caliente en la superficie terrestre, la reducción de los recursos hidráulicos y la inestabilidad de las montañas. Los eventos de alta precipitación son clasificados como de alta detección y de mediana certeza que se reproduzcan en el futuro; sin embargo, es de aclarar que estas proyecciones aumentarían en algunas regiones y disminuirían en otras. No obstante, son más las regiones que sufrirían aumento que descenso.

Con relación a las sequías e inundaciones, las proyecciones indican que son eventos que se presentarían con una valoración de mediana certeza, para ambos impactos la ocurrencia y frecuencia del evento varía de acuerdo a la región, para las sequías se estima que su ocurrencia aumentaría en la mayoría de las regiones, para las inundaciones se indica que no hay una tendencia clara o que varía importantemente a nivel regional.

El incremento en la intensidad y frecuencia de eventos hidrológicos extremos, como las inundaciones han sido atribuidos al Cambio Climático, pero para estimar una alteración de este tipo de fenómeno es necesario cuantificar las incertidumbres derivadas (Jiménez, et al., 2014, pág. 236).

Por otra parte, un evento amenazante relacionado con el cambio climático (CC) o variabilidad climática (VC) se podría definir como la probabilidad de la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente peligroso, bien sea para las personas, la producción, la infraestructura, los bienes o los servicios.

Para contextualizar esta definición al sector minería, se ha tomado como base los fenómenos mencionados por el IPCC, los eventos amenazantes para la minería en Colombia se podrían contabilizar como: Olas de Calor o Heladas, vendavales, aguaceros torrenciales, avenidas Torrenciales (crecientes súbitas), inundaciones, movimientos en Masa, Sequías o déficit de lluvias, Degradación de suelos, Abatimiento de niveles freáticos. A continuación se describen dichos fenómenos:

17.2.1 Olas de Calor

De acuerdo a las modelaciones e informes sobre CC y VC, se estima un incremento general de los días cálidos, tanto en temperatura como en frecuencia, clasificando dicho fenómeno como virtualmente cierto. Para Colombia estas condiciones de variación en la temperatura se cuentan con las olas de calor, entendidas como un periodo cálido extendido superior a las condiciones normales climáticas del área*, es pertinente aclarar que este tipo de fenómenos van acompañados de escenarios de alta humedad.

En la zona de análisis, a pesar que las proyecciones del IDEAM, se manifiestan aumentos importantes en la temperatura tanto media como máxima; sin embargo, de acuerdo a las entrevistas efectuadas en la zona, los valores esperados no alcanzan a ser incapacitantes para la actividad de extracción.

17.2.2 Vendavales

Cuando se presentan modificaciones en la temperatura y presión de los sistemas meteorológicos, es posible la presencia de vendavales, que se define como ráfagas de viento que afectan un área en particular con velocidades que oscilan entre 50 km/h y 80 km/h en un intervalo corto de tiempo*. De acuerdo a las proyecciones del IPCC, este tipo de fenómeno se clasifica como

* Definición tomada de <http://www.metoffice.gov.uk/>

* De un lado la generación de viento se inicia por diferencias de temperatura y/o presión en dos lugares geográficos. Existen varias clasificaciones de vientos. Por ejemplo, la Escala Beaufort, clasifica vientos desde 51 km/h como frescachón, y se caracteriza por movimiento de árboles, caminar en contra del viento es dificultoso, etc. Luego siguen los Temporales, los cuales ocasionan rompimiento de las ramas de los árboles (62 km/h), Temporales fuertes, hasta

probable es decir, entre 66% - 100% de ocurrencia.

Los vendavales en la región son de baja frecuencia, durante el periodo 1999 – 2015 la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, sólo ha registrado 16 eventos como este, lo cual representa el 9% de los eventos registrados. Este tipo de fenómeno se podría ver intensificado con el Cambio Climático.

17.2.3 Aguaceros torrenciales

Los aguaceros torrenciales son lluvias de gran intensidad y corta duración, su clasificación depende de la metodología empleada, pero en ocasiones se considera torrencial cuando la intensidad es de por lo menos 20 mm/hr . Los cambios estimados sobre este fenómeno indican que es un cambio mixto, es decir, en algunas regiones se verán incrementados y en otras reducidas, sin embargo la tendencia favorece al incremento.

Con los análisis de CC, se ha considerado que los eventos extremos van a ser más intensos y más frecuentes, por lo tanto, este tipo de aguaceros torrenciales se podrían presentar con mayor frecuencia y mayor intensidad a lo previamente estimado, pudiendo afectar las operaciones mineras.

También es importante indicar, que este fenómeno podría generar no sólo inundaciones, sino también degradación del suelo, aumento de la carga sedimentológica y la posterior alteración de la capacidad hidráulica de las corrientes.

17.2.4 Avenidas Torrenciales (crecientes súbitas)

De acuerdo a las comunicaciones del IPCC e IDEAM, se espera un aumento en los eventos extremos de este tipo, las afectaciones debidas a crecientes súbitas dependen en gran medida a las condiciones naturales de la cuenca y la intensidad de la precipitación. Estas circunstancias afectarían las operaciones mineras que cuentan con bocatomas para el abastecimiento de las actividades que demanden agua.

Por otro lado, las avenidas torrenciales son las que más sedimentos mueven, estos son depositados en donde se presenta el cambio de pendiente del río, lo cual alteraría las condiciones hidráulicas del abanico fluvial, ocasionando frecuentes cambios en el cauce con posibles desbordamientos y aumento en los niveles, lo cual afectaría el movimiento de maquinaria dentro

86 km/h, ocasiona desperfecto en partes salientes de edificios, levantamiento de tejas y derribo de chimeneas

del abanico.

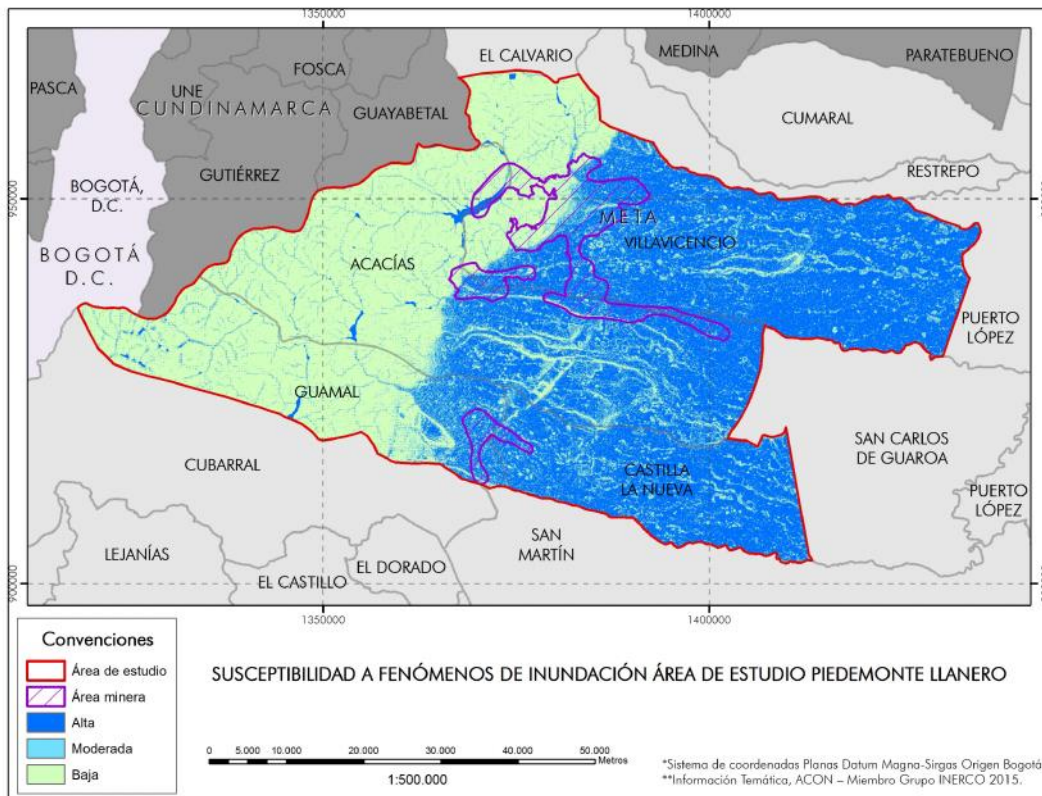
De acuerdo con lo señalado por los operarios de la explotación en la zona, el aumento de los niveles es de corta duración, sin embargo, es imperante la movilización de los equipos para evitar la pérdida o afectación de la maquinaria.

17.2.5 Inundaciones

De acuerdo al IPCC, este tipo de fenómeno varía regionalmente, o no presenta una tendencia clara por eso es clasificado con baja confianza de ocurrencia, sin embargo, de acuerdo a los eventos presentados durante los últimos años en Colombia en temporadas del ENSO en su fase “La Niña” se ha observado aumento en la magnitud de este fenómeno al igual que en su frecuencia.

Este fenómeno es de muy alta frecuencia en la región, representando cerca del 57% de los eventos de desastre (96 eventos en el periodo 1999 – 2015). De acuerdo a las entrevistas efectuadas en la zona, es un evento que daña principalmente el acceso a las minas por periodos de varios días o incluso semanas, lo que detiene las operaciones de explotación en los ríos. Es de esperar que este tipo de fenómenos se sigan presentando, intensificando su magnitud y frecuencia.

Figura 17-5 Susceptibilidad a fenómenos de inundación área de estudio piedemonte llanero



Fuente: ACON- Miembro del grupo INERCO, 2015

17.2.6 Movimientos en Masa

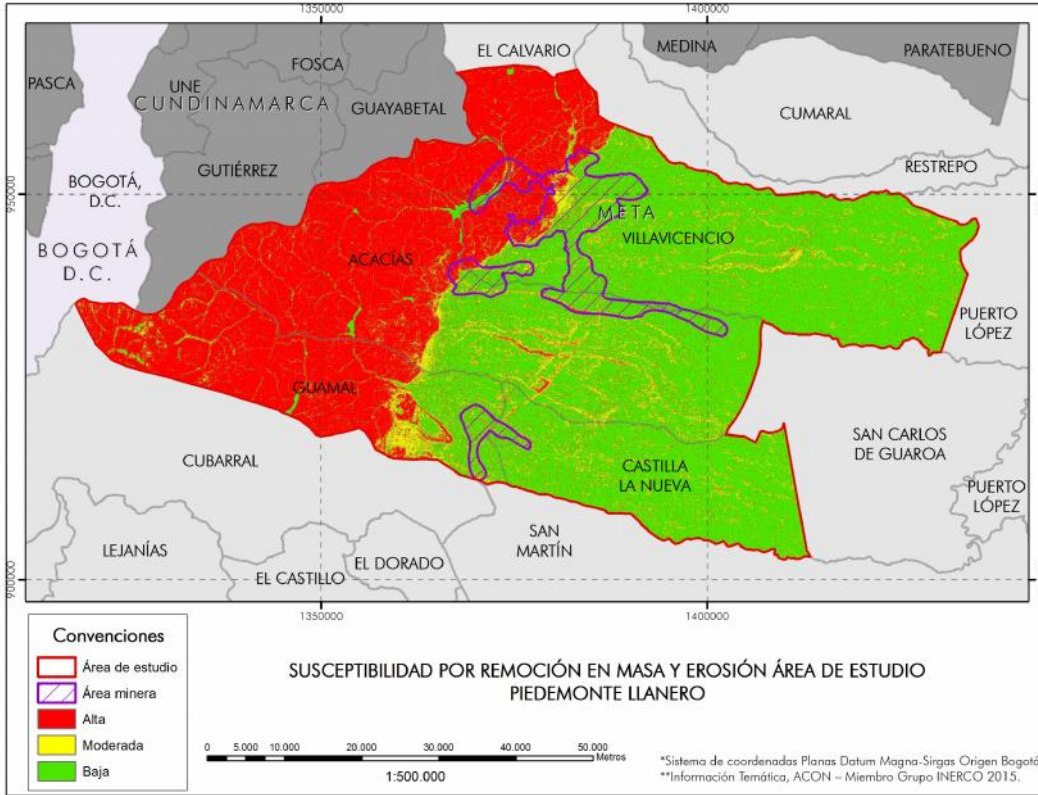
En línea con los numerales anteriores, los movimientos en masa se potencian gracias a procesos geológicos, químicos, mecánicos y especialmente hidrometeorológicos, todos estos fenómenos se combinan para actuar sobre las laderas y desestabilizarlas ocasionando caída de grandes cantidades de material.

El IPCC considera que este tipo de eventos se vería incrementado en términos generales con alto grado de ocurrencia, y debido a la influencia antropogénico como a eventos hidroclimatológicos desencadenados por efectos del Cambio Climático.

De acuerdo con La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, durante el periodo 1999-2015, se han presentado 28 eventos de deslizamiento en los cuatro municipios del área de estudio. No obstante, durante las entrevistas efectuadas este evento es más frecuente en la vía hacia Bogotá que en las zonas cercanas a los municipios. Además, se presentan deslizamientos

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9 menores en las quebradas que abastecen el acueducto de algunos municipios Figura 17-6.

Figura 17-6 Susceptibilidad por remoción en masa y erosión área de estudio piedemonte llanero



Fuente: ACON- Miembro del grupo INERCO, 2015

17.2.7 Sequías o déficit de lluvias

Se produce una sequía meteorológica cuando se presenta una escasez continua de las precipitaciones, por lo general este tipo de sequía va acompañada de temperaturas más altas de las medias, vientos de fuerte intensidad, humedad relativa baja, incremento de la evapotranspiración, menor cobertura de nubes y mayor insolación; todo ello, puede traducirse en reducciones en las tasas de infiltración, menor escorrentía, reducción en la percolación profunda y menor recarga de las aguas subterráneas.

Por otro lado, la sequía hidrológica es aquella relacionada con periodos de caudales debajo de lo normal. A diferencia de la sequía agrícola, que tiene lugar poco tiempo después de la meteorológica, la sequía hidrológica puede demorarse durante meses.

De acuerdo con los resultados presentados por el IDEAM en el ENA, el área de explotación presenta condiciones de escurrimiento y rendimientos hídricos por encima de la media nacional, pero en la modelación del índice de precipitación estándar (SPI), que evalúa la exposición de una región a sequías, la zona muestra tendencia a sufrir este tipo de fenómeno (IDEAM, 2014, pág. 94).

Por otra parte, al igual que los aguaceros torrenciales el IPCC considera que las sequías presentarían un comportamiento mixto, pero con tendencia al incremento de la intensidad y magnitud en la mayoría de las regiones, se tiene proyectado este fenómeno como probable (66% a 100% de probabilidad de ocurrencia).

Dentro de la actividad minera de material de arrastre, existen procesos que demandan humectación constante, las cuales se podrían ver afectados durante un evento de sequía hidrológica extendido.

17.2.8 Alteraciones (posible abatimiento) de niveles freáticos

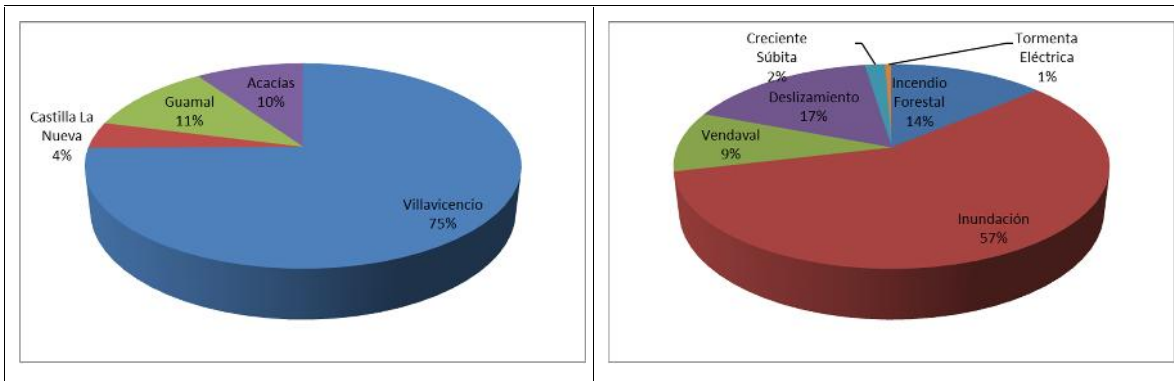
De acuerdo con el IPCC (Jiménez, et al., 2014, pág. 237), se indica que los cambios respecto al nivel del agua subterránea son difíciles de atribuir a variables diferentes a los cambios del uso del suelo, precipitación y abstracciones subterráneas (Stoll, et al., 2011), pero es necesario tenerla en cuenta para las regiones proyectadas con alteraciones importantes de precipitación y con intervenciones poco contraladas del subsuelo.

Como se plantea en la tercera comunicación del IDEAM sobre cambio climático, la zona de estudio presentaría condiciones de disminución de precipitación, lo cual posiblemente afectaría algunas zonas de recarga.

Finalmente, se debe señalar que las amenazas analizadas en la zona fueron confirmadas durante la visita de campo. Con respecto a las inundaciones, se indicó que es un fenómeno muy frecuente en la región, incluso produciendo detención en las actividades de extracción, esto a pesar que las crecientes súbitas de corta duración son las más frecuentes en la zona.

En la Figura 17-7 se presentan los eventos reportados por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, durante el periodo 1999-2015, en los cuatro municipios visitados. En dicha figura, se observa que la mayoría de eventos de desastre se presentan en el municipio de Villavicencio, que con mayor frecuencia son las inundaciones y los deslizamientos.

Figura 17-7 Inventario de eventos reportados



Fuente: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (1999-2015).

17.3 Matriz Eventos

Como resultado de los análisis anteriores, se llegó a las siguientes conclusiones respecto a la posible ocurrencia de sub eventos amenazantes para la minería en el área de estudio:

- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados al incremento de las precipitaciones:

De acuerdo con la Tercera Comunicación, se esperan **precipitaciones** futuras similares a las actuales, las que son recurrentes. Todo ello sugiere que **es sólo posible** que el área de análisis sufra fenómenos de inundaciones mayores a las que la han caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático, manteniéndose en los límites actuales, ya altos en los pronósticos.

Las condiciones topográficas no ofrecen condiciones propicias para el desarrollo de procesos de **remoción en masa**. La erosión concentrada (desprendimiento de bancas, carcavamiento, erosión laminar, etc.) continuará con el perfil actual, no excesivamente alto, como se presenta en la Tercera Comunicación, en la que se considera que no habrán cambios importantes en la precipitación. Todo ello sugiere que **sólo es posible** que el área de análisis sufra fenómenos de remociones en masa mayores con respecto a las que la han caracterizado históricamente en los distintos escenarios de cambio climático y que se consideran en el documento, y se mantendrían en los límites actuales.

- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados a la disminución de las precipitaciones:

La Tercera Comunicación indica incrementos importantes en la temperatura, lo que indica una alta posibilidad de ocurrencia de mayores períodos de sequía en el área en relación a los históricos.

- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados al aumento de las temperaturas:

La Tercera Comunicación indica incrementos importantes en la temperatura sugiriendo una alta posibilidad de ocurrencia de mayores períodos de sequía en el área a los históricos.

- Se alcanzan las siguientes conclusiones respecto a la ocurrencia de posibles sub eventos amenazantes asociados a la variabilidad climática:

La Tercera Comunicación presenta incrementos en la temperatura en las áreas de operación minera sugiriendo **alta posibilidad** de ocurrencia de oleadas de calor, superando los máximos mensuales históricos de 36 °C.

Los vendavales en la región son frecuentes en la zona, durante el periodo 1999 – 2015. Se han registrado 20 eventos como este, esto sugiere una **posibilidad media** de que este tipo de fenómeno, lo que se podría intensificar en los escenarios futuros de Cambio Climático.

17.4 Matriz Amenazas Directas

Con base en los sub eventos expuestos anteriormente se describen a continuación las amenazas directas así:

17.4.1 Sub evento de inundación

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de inundaciones sugiere la generación de:

- Crecientes súbitas por incremento en la precipitación en las cabeceras de las cuencas, esto sugiere una **alta posibilidad** de ocurrencia de accidentes asociados en las minas aluviales, hecho que constituye una amenaza al componente de recursos humanos.
- Crecientes súbitas e inundaciones que sugieren una **alta posibilidad** de modificaciones rápidas de las áreas de explotación ubicadas dentro del lecho y las orillas activas de los cauces fluviales que pueden obligar al cierre parcial de la operación. Lo anterior, representa una amenaza para el componente extractivo.

- Crecientes súbitas e inundaciones apuntan a una [alta posibilidad](#) de modificaciones rápidas de las áreas de acopio ubicadas dentro de la llanura de inundación que se podrían traducir en el cierre temporal del patio de acopio y una amenaza al componente de almacenamiento temporal.
- Crecientes súbitas e inundaciones sugiere [alta posibilidad](#) de modificaciones rápidas de las áreas de almacenamiento temporal donde se lava el material y que están dentro del lecho y las orillas activas de los cauces fluviales que pueden generar pérdidas por erosión de pilas de almacenamiento constituyendo una amenaza al componente de beneficio y transformación.
- Crecientes súbitas e inundaciones que refieren una [alta posibilidad](#) de daños en la producción agropecuaria y contaminación de acueductos resultando en la interrupción del servicio, lo que constituye una amenaza para el componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad.

17.4.2 Sub evento de remoción en masa y erosión

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa se puede asociar a una [baja posibilidad](#) de ocurrencia de contaminación de fuentes de suministro de agua potable o de daño en las estructuras de almacenamiento hídrico y como consecuencia, una amenaza para el componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad.

17.4.3 Sub evento comportamiento volumétrico del suelo

Las características geomecánicas de las rocas y el tipo de explotación en este distrito hacen que no resulte posible la ocurrencia de este sub evento.

17.4.4 Sub evento sequía

La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación sugiere:

- Una [baja posibilidad](#) de incremento en la emisión de material particulado a la atmósfera con la consecuente afectación a la fuerza laboral, lo que constituye una amenaza al componente de recursos humanos.
- Una [alta posibilidad](#) de reducción en la producción en cumplimiento de las normas ambientales, particularmente en reducción de material particulado, acontecimiento que crea una amenaza a los componentes extractivo y de almacenamiento temporal.
- Una [alta posibilidad](#) de reducción en los procesos de lavado del material, y por ende, representa una amenaza al componente de beneficio y transformación.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

- Una **alta posibilidad** de riesgo de incumplimiento de la normativa ambiental relacionada con control de material particulado, incidente que sería una amenaza para el componente de gestión ambiental.
- Una **alta posibilidad** de sequía, ocasionaría falta del recurso para los procesos productivos agroindustriales, evento que constituye una **amenaza baja** para el componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad.

17.4.5 Sub evento de nivel freático

La falta de información no permite evaluar la existencia o la inexistencia de amenazas relacionadas con este sub evento.

17.4.6 Sub evento olas de calor

La posibilidad de que se produzcan olas de calor indica:

- Una **mediana posibilidad** de afecciones en el desempeño de la fuerza laboral. Lo anterior, sugiere una amenaza al componente de recursos humanos.
- Una **mediana posibilidad** de reducción en la producción para mitigar la emisión de material particulado en ausencia de humectantes según exigencias de las autoridades ambientales suponiendo una afectación a los componentes extractivo, de almacenamiento temporal y de gestión ambiental
- Una **mediana posibilidad** de reducciones en el lavado del material para preservar los caudales ecológicos según exigencias de las autoridades ambientales. Contingencia que compone una amenaza para el componente de beneficio y transformación.
- Una **mediana posibilidad** de aumento de consumo hídrico humano, agropecuario e industrial. Incidente que representaría una amenaza al componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad.
- Una **mediana posibilidad** de casos de fatiga y deshidratación en personal que labora al aire libre afectando el componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad.

17.5 Matriz Amenazas Indirectas

A continuación se analizan consecuencias derivadas de las amenazas directas en cada uno de los componentes del sistema minero.

17.5.1 Componente administrativo y financiero

- La posibilidad de crecientes súbitas por incremento en la precipitación en las cabeceras de las cuencas **perjudica directamente al componente de recursos humanos** y genera una **alta posibilidad** de afectación al **componente Administrativo y financiero** debido a mayores costos en atención de emergencias y readecuación de las obras perjudicadas.
- La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación que **afectan directamente al componente de recursos humanos**, evento que sugiere una **baja posibilidad** de afectación al **componente administrativo y financiero** por el incremento de costes en materia laboral.
- La posibilidad de que se produzcan olas de calor que **afecten directamente al componente de recursos humanos** sugiere una **mediana posibilidad** de afectación al **componente Administrativo y financiero** con el incremento de costos, debido a reducción de horas laborales del personal y mayor prevención en salud ocupacional.
- La posibilidad de crecientes súbitas por incremento en la precipitación en las cabeceras de las cuencas con secuelas directas en los **componentes extractivo y de almacenamiento temporal**, traducido en una **alta posibilidad** de afectación al **componente Administrativo y financiero** vía reducción de producción vendible.
- La posibilidad de falta de disponibilidad hídrica para control de material particulado durante períodos de sequía **afectando directamente a los componentes extractivo y de almacenamiento temporal** sugiere una **alta posibilidad** de afectación al **componente Administrativo y financiero** vía reducción de producción vendible.
- La posibilidad de que se produzcan olas de calor incide directamente en los componentes extractivo y de almacenamiento temporal y conlleva a una alta posibilidad de afectación al componente Administrativo y financiero vía reducción de producción vendible.
- La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación **afectando directamente el componente de gestión ambiental** sugiere una **alta posibilidad** de incremento en el costo de control de materiales particulado durante el transporte para cumplir con normativa afectando al componente **administrativo y financiero**.
- La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de crecientes súbitas e inundaciones que influye **directamente en el componente de entorno social**, ambiental y de gobernabilidad sugiere una **mediana posibilidad** de afectación en la comercialización del material por mal estado de las vías y con ello al componente de **comercialización y transporte**.
- La posible ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en las partes altas de las cuencas que incida en el **entorno social**, ambiental y de gobernabilidad sugiere una **mediana posibilidad** de afectación en la comercialización del material por mal estado de las vías, y con ello al componente de **comercialización y transporte**.

17.5.2 Componente de recursos humanos

La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en las partes altas de las cuencas que **afecten directamente al entorno** social, ambiental y de gobernabilidad sugiere una **baja posibilidad** de accidentalidad en la vía por procesos activos de remoción en masa y con ello al componente de **comercialización y transporte**.

17.5.3 Componente cadena de suministro

- La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación que **afectan al directamente al componente de recursos humanos** sugiere una **baja posibilidad** de afectación en la **cadena de suministro** vía mayores costos en el acceso a agua potable.
- La posibilidad de crecientes súbitas por incremento en la precipitación en las cabeceras de las cuencas **afectando directamente al componente de almacenamiento temporal** sugiere una **mediana posibilidad** de afectación en la **cadena de suministro** vía mayores costos en el acceso a agua potable y de humectación.
- La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de crecientes súbitas e inundaciones que **afectan directamente** sobre el **componente de entorno** social, ambiental y de gobernabilidad sugiere una **baja posibilidad** de afectación por restricción en el acceso de **suministros** por daños en las vías.
- La posibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en las partes altas de las cuencas **afectando directamente al componente de entorno** social, ambiental y de gobernabilidad sugiere una **baja posibilidad** de afectación por restricción en el acceso de **suministros** por daños en las vías.

17.5.4 Componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad

- La posibilidad de aumento de accidentes por crecientes súbitas **afecta directamente el componente de recursos humanos**, lo que sugiere una baja posibilidad de afectación al **componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad** por conflicto con las comunidades.
- La posibilidad de aumento de enfermedades por causa de olas de calor **afecta directamente el componente de recursos humanos**, lo que implica una baja posibilidad de afectación al **componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad** por aumento de la presión sobre el sistema de salud, lo que podría generar conflictos sociales.
- La posibilidad de aumento de crecientes súbitas y/o inundaciones **afecta directamente el componente extractivo** causando una posible disminución de la producción minera, lo que afecta medianamente el **componente de entorno social, ambiental y de**

governabilidad por disminución de regalías causando la disminución de las finanzas públicas.

- La posibilidad de aumento de olas de calor **afecta directamente el componente extractivo** causando una posible disminución de la producción minera, lo que implica una **baja posibilidad** de afectación al **componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad** por disminución de regalías causando la disminución de las finanzas públicas.
- La posibilidad de ocurrencia de períodos más largos sin precipitación **afectando el directamente componente de gestión ambiental** sugiere una **alta posibilidad** de afectación al **componente de entorno social, ambiental y de gobernabilidad** por conflicto con las comunidades.

17.6 Matriz de valoración de las amenazas directas e indirectas

A continuación se recogen los resultados de ponderar las amenazas identificadas según su grado de posibilidad, ya señalado anteriormente en cada una de ellas, y su potencial de daño, que se puede comprobar en el Excel adjunto, y de acuerdo a lo señalado en el capítulo metodológico. Ello da lugar a una cualificación de la gravedad de cada una de las amenazas identificadas, que se recoge a continuación.

Se presentan las amenazas situando en primer lugar las directas y luego las indirectas derivadas de las primeras:

- 1ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de **inundaciones** en la región similares a las históricas recientes sugiere una baja posibilidad de ocurrencia de accidentes asociados en las minas aluviales, con un **potencial de daño bajo al componente recursos humanos**, lo que constituye una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad de **efectos directos** por procesos de ocurrencia de inundación sobre el componente de recursos humanos sugiere una **posibilidad baja** de afectación al **componente de administración y financiero** vía mayores costos de transporte y acceso a suministros, con un potencial de daño bajo al componente administrativo y financiero, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por procesos de ocurrencia de inundación sobre el componente de recursos humanos sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este **componente extractivo** vía reducción en mano de obra y exceso de profundidad limitando trabajo, con un potencial de daño bajo, por lo que esta constituye una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 2ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de procesos de erosión concentrada bajo condiciones de precipitación similares a las actuales sugiere **una baja posibilidad** de ocurrencia de accidentes asociados en las minas, lo que constituye una amenaza para este componente, con un potencial de **daño bajo** al componente **Recursos Humanos**, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

La posibilidad **efectos directo** por ocurrencia de proceso de erosión sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente Administrativo y Financiero vía incremento de costos por gestión y prevención de accidentes, con un **potencial de daño bajo** constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

- 3ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de **sequías** en la región similares a las históricas recientes sugiere una **baja posibilidad** de ocurrencia de afectación **sobre la fuerza laboral**, constituyendo una amenaza para este componente, con un **potencial de daño bajo** al componente Recursos Humanos, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el **componente de recursos humanos** sugiere **una posibilidad baja** de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía incremento de costos en control de material particulado y acceso agua potable, con un **potencial de daño bajo**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este **componente beneficio y transformación** vía reducción en acceso hídrico para procesos de beneficio en quebradas, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el **componente de recursos humanos** sugiere **una posibilidad baja** de afectación a este **componente de gestión ambiental** debido a dificultades en procesos de restauración ambiental, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria para el sistema minero** para el sistema minero.

- 4ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de **temperaturas superiores** a las históricas sugiere **una alta posibilidad** de afectación sobre la **fuerza laboral** por oleadas de calor y enfermedades infecto-contagiosas, con un **alto potencial de daño**, constituyendo una **amenaza grave** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de **temperaturas superiores** a las históricas sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad alta** de afectación a este **componente administrativo y financiero** vía incremento de costos en atención de emergencias médicas e incendios, con un **potencial alto de daño**, constituyendo una **amenaza grave** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad alta** de afectación a este **componente extractivo** vía reducción de horas laborales por oleadas de calor, con un **potencial de daño alto**, lo que constituye una **amenaza grave** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este **componente de beneficio y transformación** vía reducción de horas laborales por oleadas de calor, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el **componente de recursos humanos** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este **componente de gestión ambiental** debido a dificultades en procesos de restauración ambiental, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 5ª Cadena de amenazas:

La posibilidad de ocurrencia de **inundaciones** similares a las históricas recientes sugiere una **baja posibilidad** de afectación a las **cadenas de suministro**, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

La posibilidad **efectos directos** por procesos de ocurrencia de inundación sobre el **componente cadena de suministro** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente **administrativos y financieros** vía mayores costos de transporte y acceso a suministros, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 6ª Cadena de amenazas

La posibilidad de ocurrencia de procesos de erosión concentrada bajo condiciones de precipitación similares a las actuales sugiere **una baja posibilidad** de afectación a las **cadenas de suministro**, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por procesos de ocurrencia de inundación sobre el **componente cadena de suministro** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este **componente extractivo** vía dificultad para reparación de equipos por daño en vías, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 7ª Cadena de amenazas

La posibilidad de ocurrencia de **sequías** similares a las históricas recientes sugiere **una baja posibilidad** de afectación a las **cadena de suministro**, con un **potencial de daño medio** constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el **componente cadena de suministro** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía incremento de costos en control de material particulado y acceso agua potable, con un **potencial bajo de daño**, constituyendo una **amenaza secundaria** para el sistema minero.

- 8ª Cadena de amenazas

La posibilidad de ocurrencia de **inundaciones** similares a las históricas recientes sugiere **una baja posibilidad** afectación al **componente extractivo**, con un **potencial de daño medio**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por procesos de ocurrencia de inundación sobre el **componente extractivo** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía mayores costos en bombeo, con un potencial de daño medio, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

- 9ª Cadena de amenazas

La posibilidad de ocurrencia de procesos de erosión concentrada bajo condiciones de precipitación similares a las actuales sugiere una baja posibilidad de afectación al componente extractivo, con un potencial bajo de daño, constituyendo una amenaza secundaria para este componente.

- 10ª Cadena de amenazas

La posibilidad de ocurrencia de **sequías** similares a las históricas recientes sugiere una **baja posibilidad** afectación al **componente extractivo**, con un **potencial de daño bajo** constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de sequías sobre el **componente extractivo** sugiere una **posibilidad baja** de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía incremento de costos en control de material particulado y acceso agua potable, con un **potencial de daño medio**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

- 11ª Cadena de amenazas

La posibilidad de ocurrencia de **temperaturas** superiores a las históricas sugiere una **alta posibilidad** de reducción en las jornadas laborales mineras y en el desempeño de los trabajadores afectando al **componente extractivo**, impactando la producción, con un **potencial de daño alto**, constituyendo una **amenaza grave** para este componente.

La posibilidad **efectos directos** por ocurrencia de temperaturas superiores a las históricas sobre el **componente extractivo** sugiere una **posibilidad alta** de afectación a este componente **administrativo y financiero** vía reducción en jornadas laborales por oleadas de calor y reducción de la producción vendible, con un **potencial de daño alto** constituyendo una **amenaza grave** para este componente.

- Gravedad Amenazas Directas al Entorno

Actualmente las **inundaciones** causan afectaciones sobre servicios públicos como acueducto y energía. Es posible que si estos eventos climáticos se intensifican, la afectación a estos servicios también se intensifique. Las inundaciones también afectan las vías, que mayoritariamente se encuentran en estado regular. Las poblaciones cuentan con la alternativa de moverse por vía fluvial, pero no todos los municipios tienen acceso por este medio, el municipio de Nechi+M3 se ve afectado particularmente por este problema. La falta de comunicación terrestre o fluvial afectaría la calidad de vida de las comunidades, desde el punto de vista económico, por falta de vías para insumos o para la comercialización de sus productos, y desde el punto de vista social ya que quedarían impedidos de desplazarse a centros de salud o a instituciones educativas, todo con un potencial de daño bajo, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

Solo en el municipio del Bagre y Cáceres manifestaron haber **sufrido remociones en masa**. En el Bagre el fenómeno afecto principalmente actividades de minería subterránea de oro, que resulto en una fatalidad. La intensificación de estos fenómenos podría llevar a que este tipo de minería resulte inviable sin la tecnología o la seguridad industrial necesaria, lo que podría afectar la economía municipal y el empleo en el municipio. De continuarse desarrollando sin las medidas necesarias, podría haber afectaciones sobre la salud y la vida de las personas que se dediquen a esta actividad. En el municipio de Cáceres, el problema afecta principalmente las vías, de intensificarse el fenómeno, podría verse afectado el transporte público municipal, así como las actividades económicas que usen la vía terrestre para el suministro o la comercialización de sus productos, con un **potencial de daño bajo**, constituyendo una **amenaza secundaria** para este componente.

Las **sequías** podrían resultar en una disminución del nivel de los ríos, que en esta región son muy importantes ya que son fuente de trabajo, vía de transporte y por supuesto fuente de agua dulce. De igual forma se vería afectada toda la población que utiliza la vía fluvial como medio de transporte. Finalmente la disminución del nivel de los ríos podría aumentar el estrés hídrico sobre las fuentes de agua, lo que podría resultar en racionamientos de agua en una región donde la prestación de este servicio es deficiente. Todo esto sugiere una mediana posibilidad de que el incremento esperado de escasez hídrica, **con un potencial de daño medio**, constituyendo una **amenaza relevante** para este componente.

Las **oleadas de calor**, o un aumento permanente en la temperatura, tendrían un efecto sobre la salud de las poblaciones que trabajan al aire libre. En esta subregión la mayoría de la población se dedica a la minería o alterna esta actividad con actividades agropecuarias, en ambos casos son actividades que se desarrollan a cielo abierto. Se manifestó en todos los municipios visitados que las altas temperaturas no impiden que las personas sigan trabajando, ya que generalmente es su única fuente de trabajo. Así las cosas un aumento en las temperaturas **con mediana posibilidad** resultaría en aumento en afectaciones a la salud, como deshidratación, cáncer de piel entre otras. En las empresas formales, donde se tienen los EPP necesarios y se siguen estándares de seguridad industrial y salud ocupacional, se verían afectadas por sobrecostos en temas de hidratación y pausas para mantener la salud de sus trabajadores, y de igual manera verían disminuido el rendimiento de sus trabajadores debido a las condiciones adversas del clima. Todo esto sugiere una mediana posibilidad de que el incremento esperado de escasez hídrica, con **un potencial de daño medio**, constituyendo una **amenaza relevante** para este componente.

El posible aumento de **vendavales** podría tener efectos sobre el servicio de energía, ya que los fuertes vientos podrían dañar postes o las líneas eléctricas (choques de cables que generan corto circuito e interrumpen el servicio) principalmente en zonas rurales. De igual forma las comunidades podrían verse afectadas en la destrucción de infraestructuras construidas de formas precarias, como casas en zona rural, ranchos, corrales, etc. De igual forma los fuertes vientos podrían destruir cultivos, como el caucho y el cacao que actualmente son muy importantes para la subregión. Todo esto sugiere una **mediana posibilidad** de que el incremento esperado de vendavales, con un potencial **de daño medio**, constituyendo una **amenaza relevante** para este componente.

17.7 Visita al Meta

La visita a los municipios del Meta se realizó entre el 24 y el 25 de agosto de 2015. A ella asistieron los profesionales Jairo Herrera, especialista en minería, Alejandro Logreira, especialista hidrólogo, y Helga Lahmann, coordinadora del proyecto por parte de Ambiental Consultores. Los consultores fueron acompañados por los profesionales especializados Fredy Rojas y Wilson Sandoval por parte de la UPME.

Fueron visitados los 4 municipios que componen el área de estudio: Villavicencio, Acacías, Castilla La Nueva y Guamal, donde se realizaron reuniones con las alcaldías municipales. Adicionalmente, se sostuvo una reunión con la Autoridad Ambiental Cormacarena en la ciudad de Villavicencio.

En cuanto a visitas técnicas, se visitaron dos minas ubicadas sobre el río Guayuriba.

A continuación se presentan las principales conclusiones tanto de las visitas técnicas como de las reuniones de retroalimentación.

17.7.1 Visitas Técnicas

Se visitaron dos minas ubicadas entre los municipios de Acacías y Villavicencio, ambas extractoras de material de arrastre con planta trituradora.

17.7.1.1 Visita a la empresa Mintracol

Asistió a la reunión la Ingeniera Paola Martínez, encargada de la gestión ambiental de la empresa y el Ingeniero de minas, Mauricio Buitrago.

La empresa tiene dos títulos mineros, ambos tienen licencia a nombre del Sr. Héctor Herrera Baquero. Tienen una licencia para labores de explotación y otra para explotación, beneficio y comercialización. Las instalaciones visitadas son donde se encuentra la planta de beneficio, se benefician los materiales extraídos de los 2 polígonos.

El material se extrae del río con retroexcavadora como lo ilustra la Fotografía 17-1.

Fotografía 17-1 Extracción de Material Mintracol



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

El material extraído se transporta con volquetas hasta el sitio de acopio donde se hace el beneficio (lavado, trituración y clasificación). La Fotografía 17-2, Fotografía 17-3, Fotografía 17-4 y Fotografía 17-5 ilustran este proceso.

Fotografía 17-2 Descargue de material a volqueta (Mintracol)



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Fotografía 17-3 Acopio de material



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Fotografía 17-4 Beneficio de material (i)



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Fotografía 17-5 Beneficio de material (ii)



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

La empresa tiene permiso de explotar 50 mil m³ máximo al año. La vigencia de los títulos va, uno hasta 2035 y otro hasta 2033. Los principales clientes de la empresa están en Villavicencio y Bogotá.

Se explica a la Ing. Paola, que el objetivo del estudio es identificar los factores de vulnerabilidad de la minería ante el cambio climático, y que en ese sentido es interesante saber cómo se ve afectada la mina en época de invierno y verano, así como por otros eventos climáticos.

Ante lo anterior, comentan que lo que más afecta la mina es la época de invierno, principalmente la operación, ya que el caudal crece tanto que es imposible que la maquinaria ingrese al río. Adicionalmente, el comportamiento del río es bastante irregular, aunque los pluviómetros ayudan a predecir las crecientes del río. A través del pluviómetro se observan 2 épocas en el año de lluvias. Aunque el comportamiento del río no depende estrictamente del régimen de lluvias en la región, sino de lo que sucede en la cordillera, donde sí están bien marcados los períodos de invierno y verano.

Hay épocas del año en las que no pueden ingresar al río, incluso en el 2014 la mina se inundó y el agua llegó hasta el patio de acopio. En ese año duraron entre 5 y 6 semanas sin poder ingresar al río (todo junio y como 2 semanas de julio). Este año fueron 3 semanas durante las cuales no se pudo ingresar al río.

En los meses de junio y julio es cuando se presentan las lluvias más fuertes, entonces la empresa trata de prever para tener una cantidad de material acumulado, y poderlo beneficiar y comercializar así no estén explotando. En este sentido no se han visto obligados a recortar costos en época de invierno.

Hacia el sur, en los ríos Guamal y Ocoa, se sienten más los efectos del invierno, las crecidas impiden el acceso durante mucho más tiempo.

La consultoría indaga por el comportamiento del río Guatiquía, explican que es muy parecido al Guayuriba (donde está la explotación) en cuanto al comportamiento, aunque la playa del Guatiquía es más ancha que la del río Guayuriba. Explica que estos ríos las crecientes no son súbitas, sino más bien lentas, son esas las que no permiten el acceso al río.

Con respecto a la vías, no hay mayor afectación, adicionalmente la mina está muy cerca de una vía principal por lo que tampoco se vería afectada.

En relación a un mayor aporte de sedimentos por parte de los ríos, contestan que si se está viendo mayor recarga, sobre todo en el año anterior (2014).

En verano se pueden ver afectados por falta de material además de falta de agua para hacer el beneficio. La ventaja que tiene la mina es que tiene un lago, donde se recupera agua del proceso y se almacena. Entonces cuando el caudal está muy bajo se bombea agua desde el lago para el

beneficio. El proceso de beneficio depende mucho del agua, sino se tiene agua suficiente no se puede hacer el beneficio. La relación es de 2 m³ de agua por 1 m³ producido de material. El agua que se utiliza para lavado y trituración, pasa por un proceso donde se le retiran los sedimentos (sólidos y finos) y luego se hace un vertimiento al río. En sequía no la vierten al río sino que la reutilizan.

En cuanto a mayor emisión de material particulado en verano, no tienen problemas, ya que empresa hace jornadas de riego, con aspersión y con manguera, y tienen unas personas encargadas de limpiar las vías, para evitar que se generen accidentes. Adicionalmente, como se trabaja mucho con agua, esto disminuye el riego de generación de material particulado, el momento donde podría generarse más es en el transporte para la comercialización.

Con respecto a oleadas de calor, manifiestan que esto ha sido identificado como un riesgo de salud ocupacional por la administradora de riesgos laborales - ARL. Por tal motivo, la empresa está implementando un unas pausas de hidratación, los empelados paran su trabajo para tomar un refrigerio e hidratarse. La mina tiene entre 12 a 16 trabajadores.

En términos generales, la empresa no había integrado el cambio climático como una variable a la operación, aunque sí lo está teniendo en cuenta al considerar ciertos eventos de variabilidad climática como las lluvias o las oleadas de calor.

17.7.1.2 Visita a la empresa Gravicón

Atienden la reunión la ingeniera Luisa Fonseca, encargada de la gestión ambiental de la mina y el Ingeniero Tarsicio Navas, operador.

La mina de la empresa Gravicón está situada sobre el río Guayuriba. Se producen alrededor de 30 mil m³ de gravas por mes. Tienen un título minero con licencia para explotación y beneficio. La empresa tiene varios títulos, pero el beneficio de casi todos se hace en las instalaciones visitadas. La mayor parte del material producido se vende a empresas como Cemex y Argos, en la región.

Adicionalmente, comentan que la minería en la región es sobre todo pequeña minería, con una explotación aproximada de 3.000 m³ por mes. Casi todos los mineros trabajan con retroexcavadora.

La empresa realiza extracción y beneficio del material de arrastre, el proceso es el mismo que se explicó anteriormente. La Fotografía 17-6 y Fotografía 17-7 ilustran el proceso de esta mina.

Fotografía 17-6 Extracción y transporte del material (Gravicon)



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Fotografía 17-7 Acopio y beneficio (Gravicon)



Fuente: ACON – Grupo INERCO, 2015

Se explica que el objetivo de la reunión es identificar los factores de vulnerabilidad de la actividad minera frente a eventos climáticos.

En ese sentido informan que lo que más afecta la actividad es el invierno. En el 2014 se declaró emergencia nacional. El río se desbordó hacia la margen izquierda y erosionó parte del terreno de la mina. La empresa tiene otro título minero en la zona llamada las Mercedes, cerca de la empresa Murcia y Murcia, y allí el río se llevó casi una hectárea de tierra. En ocasiones se ha llevado algunos árboles. En ese año también tuvieron problemas debido al daño ocasionado por la creciente a algunas máquinas.

De igual forma la creciente del río Negro en el 2014 también fue muy fuerte, la vía de Murcia y Murcia se inundó y no había vías de acceso; hubo que sacar a la gente con helicóptero.

Este año Cormacarena y Ecopetrol desarrollaron actividades de encauzamiento del río y este año entonces no hubo tantas afectaciones.

Comentan que el método de explotación con dársenas no han funcionado muy bien, esta forma de explotación ha generado mayor explayamiento del río. Cuando se hace la explotación paralela al río es mejor, aunque casi todos los títulos mineros del área tienen títulos aprobados para dársenas.

A principios de agosto 2015 el río creció mucho, y se llevó trozos de tierra de la mina. Además, acabaron con el stock de la mina porque duraron 2 semanas sin poder acceder al río.

Con respecto al mayor aporte de sedimentos de los ríos, comentan que el río carga más material que antes. Con los estudios de hidrogeología que han desarrollado (a través de una empresa llamada Nativa), se observa que la recarga del río en una sola creciente puede traer tres veces más material que en años anteriores.

En época de verano manifiestan no tener mayores inconvenientes, ni por emisión de material particulado o por oleadas de calor. Sienten que el calor no es tan fuerte como para impedir el trabajo. En la empresa se hacen pausas en la hora en que el sol está muy fuerte, pausas activas y para hidratarse. Explican que casi nunca están expuestos al sol directamente, los operarios se encuentran dentro de la maquinaria, los vigilantes tienen sus casetas para protegerse, etc.

Sobre otros eventos climáticos extremos, comentan que en los meses de octubre y noviembre hay muchas tormentas eléctricas, en una ocasión se presentó una fatalidad en otra empresa por motivo de rayo.

Vendavales no han experimentado, en ocasiones hay vientos fuertes pero no vendavales.

17.7.2 Reuniones de retroalimentación

Uno de los objetivos de las visitas a las áreas mineras es sostener reuniones de retroalimentación con actores de la zona con el fin de confrontar la identificación de amenazas que fue realizada por el equipo consultor a través de la literatura, con las realidades que enfrentan los actores en

el terreno.

Teniendo en cuenta lo anterior, el equipo consultor organizó reuniones con los siguientes actores:

- Alcaldía Municipal de Villavicencio – Secretaría de Ambiente
- Alcaldía Municipal de Acacías
- Alcaldía Municipal de Castilla la Nueva
- Alcaldía Municipal de Guamal
- Cormacarena

A continuación se presentan las principales conclusiones sacadas de las reuniones. En anexo se encontrarán las actas completas de cada reunión.

17.7.2.1 Reunión Alcaldía Municipal de Villavicencio

La reunión con Alcaldía Municipal de Villavicencio se llevó a cabo el día 24 de agosto de 2015. Asistieron a la reunión el Dr. Juan Manuel Cepeda, Secretario de Ambiente, y la Ingeniera Diana Barros, especialista en minas de la Secretaría.

El equipo consultor inicia la reunión explicando en qué consiste el proyecto y el alcance del mismo. Se explica que en la región de Villavicencio se prevé, según los escenarios del IDEAM, una disminución de las precipitaciones y un aumento en la temperatura, y que se busca estudiar cómo afectaría esto a la actividad minera de material de arrastre que se desarrolla en la región.

Ante esto los funcionarios explican que el municipio está desarrollando el “Plan de Acción Ambiental” en colaboración con la Universidad de los Llanos (Unillanos). A través de este estudio se han identificado los principales problemas y riesgos ambientales del municipio. Entre ellos, las inundaciones principalmente causadas por los ríos Guatiquía y Guayuriba. Lo que se presenta principalmente son avalanchas. En el pasado, el río Guatiquía se llevó parte de la vía e inundó predios cercanos. Esta es una zona donde se practica la minería.

Se explica desde la Secretaría que la mayoría de las explotaciones mineras del municipio se encuentran ubicadas sobre los ríos Guayuriba y Guatiquía, pero principalmente en el Guayuriba que es donde están la mayoría de concesiones mineras y de plantas trituradoras. Se menciona que en el río Ocoa también hay un título de concesión minera, que antes había dos minas en trámite de legalización pero no se le dio viabilidad porque el material de ese río no es muy bueno.

Con respecto a la época de invierno, comentan que el río Guayuriba se crece y se trasvasa hacia el río Negrito. La oficina de Gestión de Riesgo se ve obligada a intervenir constantemente para evitar que el río Guayuriba se pase a la fuente menor.

En el área urbana está el río Ocoa, que nace y muere en el municipio (desemboca en el río Guatiquía). Donde se unen el río Ocoa y Guatiquía hay inundaciones, que además es una zona

donde hay barrios subnormales. El municipio hizo una caracterización y modelación hidráulica, para saber desde dónde se debía hacer la intervención, ya que se daban sólo soluciones temporales, ahora esperan atacar el problema desde la raíz.

Explican los funcionarios, que más que inundaciones se presentan crecientes súbitas: los ríos se crecen, se salen de su cauce, pero esto dura horas.

En invierno también hay muchos problemas en las vías por daños e inundaciones. Esto además es un problema fuerte de la minería frente a la comunidad, ya que la comunidad reclama el mantenimiento de vías y obras de mitigación en épocas de invierno. Las comunidades acusan a los mineros de usar las vías y no les hacerles mantenimiento. El municipio solicita la intervención de Cormacarena, pero la entidad manifiesta que no es su trabajo hacer seguimiento a este tema, y los mineros dicen que no van a hacer lo que le corresponde al Estado, pero el municipio no puede hacer reparaciones constantes a las vías porque los mineros la usan y la vía no está hecha para tráfico pesado.

En época de verano no hay grandes afectaciones. La principal afectación relacionada con la actividad minera es la mayor presencia de material particulado. Las vías quedan llenas de polvo y piedras, en algunos casos también de barro traído por los vehículos de la actividad petrolera.

Adicionalmente, comentan que hace aproximadamente 10 años se presentó un fenómeno del Niño que secó el río Guamal. Esta afectación se debió en gran parte al fenómeno natural y pero también por el mal manejo que tienen las actividades agroindustriales en la zona.

Sobre el tema de oleadas de calor, mencionan que la temperatura máxima que han tenido en el municipio es entre 36 y 37 grados centígrados. Se explica que Villavicencio por su posición geográfica tiene muy buenas condiciones climáticas, no hay temperaturas muy altas porque hay muchas nubes. Comentan que los puntos de mayor precipitación están sobre el río Guayuriba (5.000 mm -6.000 mm).

La Consultoría pregunta si ha aumentado la cantidad de sedimentos que arrastra el río. Explican que el río Guayuriba es influencia del río Negro, y que se ve afectado por la construcción de la carretera (doble calzada), por lo que arrastra mucho material.

Sobre remociones en masa, comentan que hay dos caños cerca del municipio que tienen procesos de remociones en masa y erosión concentrada, principalmente por temas de deforestación. Esto también hace que aumente la cantidad de sedimentos. En Quebra Honda, donde se abastece el acueducto, también hay problemas de deslizamientos y remociones en masa, por lo que en épocas de invierno se generan problemas para el acueducto y el municipio sufre de racionamientos de agua.

Relacionado con el tema de conflictos entre comunidades y minería, comentan que las comunidades reclaman que los mineros no hacen la suficiente inversión social, principalmente con respecto a las vías.

Adicionalmente, la actividad minera en la zona es compleja porque se trata de ríos de mucha divagación, sino se da buen manejo se puede cambiar fácilmente la dirección del río. Las comunidades saben eso, y si el río se mete en sus propiedades acusan que el minero cambió la dirección del río. La corporación da los planes de manejo ambiental - PMA, pero no se tiene certeza de dónde se está extrayendo efectivamente el material. Muchos mineros en época de lluvia se corren hacia la orilla, cuando deberían estar en la mitad. Es una actividad muy delicada, por la especificidad de los ríos, entonces según cómo se haga la extracción ésta puede generar beneficios o afectaciones. Adicionalmente, los mineros están obligados a hacer obras de mitigación, pero no siempre las hacen bien o a veces no las hacen bien.

Sobre posibles conflictos entre el plan de ordenamiento territorial - POT y el desarrollo de actividades mineras, responden los funcionarios que siempre ha habido conflicto, porque las explotaciones están todas al lado del casco urbano, históricamente esto ha sido así. En el nuevo POT se trató de que se saquen esas explotaciones del área urbana, sin embargo por ley los municipios no tienen derecho a restringir actividades mineras a través del POT. También hay muchos problemas por la malla vial, porque las usan los mineros y en las áreas protegidas. Villavicencio ha hecho muchas inversiones en diques para evitar los impactos del comportamiento del río. La protección del río va por ambas márgenes.

Con respecto a afectaciones del cambio climático al municipio, se responde que hay dos corrientes llamadas el Maizaro y el Buque, que se secan en verano. Si en efecto hay disminución de las precipitaciones, esto podría afectarlos. Esos caños nacen en la zona de reserva, por esto es muy importante para el municipio que la zona de reserva entre dentro de la normatividad de áreas protegidas y que Parques Nacionales sea el administrador para poder blindar la reserva y que tenga un plan de manejo. La solicitud ya fue aprobada por el Ministerio de Ambiente, se llama "Reserva Forestal Protectora Quebrada Honda, Caño Parrado y Caño Buque", es también conocida como Buenavista y Vanguardia.

Aunque se hace la salvedad que llueve mucho en la zona, alrededor de 291 días del año. No sienten una disminución de la precipitación.

17.7.2.2 Reunión con Cormacarena

La reunión con Cormacarena se llevó a cabo el 24 de agosto de 2015. Atendieron la reunión los ingenieros Oscar Romero, Jesús Hernández y el Diego Rodríguez, funcionarios de Cormacarena.

El equipo consultor inicia la reunión explicando en qué consiste el proyecto y el alcance del mismo. Se explica que en la región de Villavicencio se prevé, según los escenarios del IDEAM, una disminución de las precipitaciones y un aumento en la temperatura, y que se busca estudiar cómo afectaría esto a la actividad minera de material de arrastre que se desarrolla en la región.

La Corporación explica que la minería en el Meta es principalmente de materiales aluviales, material de arrastre. Hay 107 licencias ambientales, de las cuales el 80% son materiales aluviales. La mayoría son pequeñas y medianas empresas.

Con respecto a los principales problemas asociados al clima que identifican, la Corporación menciona que son las fuertes precipitaciones que hacen que aumente el caudal de los ríos. Las partes altas de la montaña y la cuenca se encuentran deforestadas, lo que genera mayor material de arrastre para los ríos. En este momento hay mayor divagación lateral del río, por el aumento exagerado de los sedimentos.

Se comenta que en época de invierno la gran mayoría de mineros no pueden acceder a las minas porque las maquinas son pequeñas, y no alcanzan con respecto a las dimensiones que tienen el río. Se trata sobre todo de crecientes súbitas asociadas a lluvias en la cordillera. Las comunidades también se ven afectadas por las crecientes de los ríos, y se presentan quejas porque según las comunidades los mineros desvían el río y causan inundaciones.

Se explica que los ríos son muy dinámicos, pero que esos movimientos naturales del río se han vuelto más bruscos en los últimos 3 a 4 años. Presumen que es el aumento de precipitación. También se comenta que los ríos vienen cargando mayor cantidad de sedimentos, y que en algunas ocasiones se presentan trasvases a fuentes menores.

El equipo consultor pregunta si las lluvias afectan el material de acopio. Cormacarena responde que la gran mayoría de los mineros no tiene material de acopio y hacen cargue directo. Los que tienen patios de acopio es porque tienen planta de trituración. En ese caso sí se ven afectados porque si el material acopiado se lava con la lluvia pierde su calidad.

Se menciona que en invierno hay problemas con las vías, una de las principales quejas es por tránsito de volquetas, según comunidades se deterioran las vías, y no hay un control por parte del municipio en ese sentido.

Las crecientes de los ríos también han incrementado la sedimentación en los pilares de los puentes. En el río Upía, por ejemplo, hay exceso de socavación que hace que los pilotes del puente estén en el aire.

El invierno también afecta en ocasiones los servicios públicos. Debido a la alta socavación del río Guatiquía, este se llevó postes de la electrificadora principal. El daño duró entre 3 y 5 días para restablecer el servicio. El acueducto de Villavicencio también tiene problemas a veces. En el pasado tuvo un incidente por remoción en masa que generó taponamiento de la bocatoma en

quebrada La Honda. El municipio estuvo casi 15 días sin agua hasta que metieron maquinaria pesada y explosivos para destapar la bocatoma. Las áreas rurales se abastecen en su mayoría a través de aljibes, por lo que no se ven afectados.

La consultoría pregunta si el invierno supone problemas en cuanto al abastecimiento de las minas. La Corporación dice que no, casi todas las minas están muy cerca de vías importantes, por lo que no quedan incomunicadas.

En época de verano el principal problema es el de material particulado en tránsito, esto por las altas velocidades que manejan las volquetas, por los daños a puentes y alcantarillas.

Con respecto a oleadas de calor, comentan que no se han presentado, las temperaturas más elevadas llegan a 37°C pero no es común. Sienten que en la zona casi no hay verano, hay muchas lluvias.

En relación a eventos climáticos extremos, comentan que ha habido algunos vendavales pero que es algo muy esporádico, no constante.

En cuanto a generación de empleos por parte de la minería, se explica que son pocos, una mina puede tener aproximadamente 3 empleados. Las que tienen plantas trituradores quizá aumente un poco. Empleos directos son muy poco, lo que ayuda es quizá a dinamizar la economía en términos de servicios asociados a la actividad, venta de almuerzos, servicios a las volquetas, etc.

La gran mayoría del material explotado se vende en la región, la actividad depende mucho de la industria Petrolera. Eso genera problemas en este momento que el precio del petróleo está bajo, han cerrado algunas empresas, y esto ha afectado a las mineras. Las únicas empresas que envían material a Bogotá son Cemex, Murcia y Gravicon.

Se pregunta la percepción de la Corporación en cuanto al nivel de cumplimiento de las empresas con respecto a los PMA.

La Corporación responde que es impresión de la gente que las empresas no cumplen. Dan el ejemplo de una zona, vereda Puerto Tembleque, que viene sufriendo de fenómenos erosivos desde hace 6-7 años. Se instaló en esa zona una mina hace 2 años, desde que está la mina las comunidades culpan a la mina de los fenómenos erosivos.

La Corporación cree que en esto debe intervenir también la ANM porque es cierto que en algunos casos que los diseños mineros utilizados puede que lleguen a acelerar los procesos erosivos, pero esos diseños son aprobados por la ANM en el PTO. No se acomodan a las condiciones actuales que tienen los ríos. Como son ríos muy dinámicos, puede que hace 5 años funcionaba muy bien un método de explotación, pero ese mismo método puede que ahora ya no sea viable porque cambió el comportamiento del río. Un ejemplo es que se tenía aprobado generar dársenas transversales por cause, ahora ese método de explotación genera un aumento en la divagación.

Actualmente, la Corporación está intentando cambiar esos diseños desde la licencia ambiental para fortalecer canales longitudinales paralelos al cauce. La mayoría de las explotaciones en la zona se hacen con el método de dársenas transversales.

Es difícil para la Corporación intervenir a través de los planes de manejo, en algunos casos solicitan modificaciones. Por ejemplo cuando hay solicitudes con el método de explotación con barras laterales en las márgenes, la Corporación automáticamente rechaza esas demandas porque esto generaría mayor socavación.

Un problema es que no hay unificación de criterios entre ANM y Corporación, y el minero queda en el medio. La ANM da un concepto sobre el método de explotación y la Corporación da otro.

Además de la minería, las actividades agropecuarias también se ven afectadas por los eventos climáticos, principalmente la agricultura por las inundaciones. Un fenómeno que se ve en la zona es que se están devastando las zonas protectoras de los ríos para otras actividades económicas, como ganadería o agricultura. Al cambiar el uso del suelo se debilitan las terrazas y se aumenta el área de inundación de los ríos.

Con respecto a la prohibición de la explotación minera en la margen derecha del río Guatiquía, la Corporación explica que las restricciones dependen de las condiciones que se presenten en cada uno de los sectores, y se hacen restricciones medidas desde la terraza actual hacia el centro del cauce. Por ejemplo “prohíbese la explotación 100 metros, esto es 100 metros medidos desde la terraza actual hasta el eje central”. En ese caso tiene esa restricción en ambas márgenes del río.

Otra problemática es que a pesar que la ANM haya concesionado casi todo el río Guayuriba, las licencias ambientales se han otorgado paulatinamente y adicionalmente están establecidas de forma diseminada a lo largo de la cuenca. No hay continuidad en un título extractivo que facilite la minimización de los impactos. Hay una secuencia de títulos con y sin licencia, lo que dificulta la ejecución del plan de ordenamiento minero, de tal forma que sea continuo a lo largo de la cuenca.

Finalmente con respecto a planes o programas que se estén desarrollando desde la Corporación, los funcionarios comentan que no tienen conocimiento de qué se está haciendo desde la dirección de cambio climático, pero que desde la dirección de Minería están desarrollando el Plan piloto de los ríos Guamal, Guatiquía y Ariari. La intención es establecer criterios extractivos estándares para minimizar los efectos que los ríos generan.

17.7.2.3 Reunión Alcaldía Municipal de Acacías

La reunión con la Alcaldía de Acacías se llevó a cabo el 25 de agosto de 2015. Atendieron la

reunión la Dra. Edith Hernández y el Dr. Juan Pablo Rodríguez, de la Secretaría de Fomento y Desarrollo Sostenible y el Dr. Omar Rodríguez de la Secretaría de Planeación.

El equipo consultor inicia la reunión explicando en qué consiste el proyecto y el alcance del mismo. Se explica que en la región de Villavicencio se prevé, según los escenarios del IDEAM, una disminución de las precipitaciones y un aumento en la temperatura, y que se busca estudiar cómo afectaría esto a la actividad minera de material de arrastre que se desarrolla en la región.

Los funcionarios de la Alcaldía explican que la mayoría de las explotaciones se ubican sobre el río Guayuriba. Cormacarena da los lineamientos para la explotación, la indicación es que los mineros deben trabajar con piscinas en el material de arrastre, pero algunos no lo hicieron y eso hizo que el río se abriera más hacia la margen derecha (cerca del río Acacías). Esto ha generado una serie de impactos, con explayamiento del río el cauce disminuye. También ha generado impacto sobre las actividades agropecuarias, debido a que la cantidad de material de arrastre de los ríos ha socavado los predios. Estas son las observaciones que se han hecho desde la Alcaldía aunque aún no tienen un estudio que respalde estas afirmaciones.

Actualmente, se observa que los mineros se han visto obligados a correrse a las orillas de los ríos debido a la socavación del río. Ellos deberían trabajar en el centro con piscinas, pero con la creciente del río se corren hacia las márgenes. Esto hace que ahora trabajen muy cerca de las vías, han observado minas que antes estaban a 2 km de la vía y ahora están a 500m.

Gran parte de la minería es a pequeña escala y un poco artesanal. La mayor parte de la producción es para la región, y en algunos casos va para Bogotá. Anteriormente, la industria se limitada a una trituradora, ahora hay 5 trituradoras y una de ellas es de Argos.

Sobre la época de invierno, comentan que en ocasiones fuertes lluvias inundan algunos sectores del municipio, y se ven afectadas algunas vías, aunque de forma general la afectación a las vías por lluvias es poca. Sí se ven afectadas las actividades agrícolas, ya que con las lluvias el río Guayuriba inunda predios vecinos, donde hay agricultura.

El acueducto del municipio ha presentado en algunas ocasiones problemas de captación causados por el aumento de sedimentos, entonces tienen problemas para aplicar los tratamientos. Cuando hay gran carga de sedimentos se ven obligados a cortar el servicio de agua. Las fuertes lluvias afectan la PTAR ya que se mezclan las aguas lluvias con aguas servidas. La PTAR se diseñó para un caudal de ingreso muy pequeño, y entonces con la lluvia se inunda la PTAR y busca salida al río.

De forma general observan que la temporada de lluvias ha cambiado, llueve mucho pero no necesariamente muy fuerte, y los meses de verano son menos. En el mes de octubre normalmente hay muchas tormentas eléctricas.

El invierno también afecta en algunas ocasiones la prestación del servicio de energía, aunque esto se repara rápidamente.

Mencionan que en el 2011 hubo una avalancha fuerte que se llevó la bocatoma del acueducto el Playón. El municipio contaba con 3 bocatomas, actualmente sólo se abastece con 2: Las Blancas y Acaciñas. Esa creciente afectó gravemente el barrio Las Vegas del municipio.

En verano el principal problema es por aumento del material particulado en las vías principalmente. También las épocas de sequía afectan los caudales de los ríos como el Orotoy y el Acaciñas. El río Acaciñas ha disminuido en su caudal, y es una de las fuentes de donde se abastece el acueducto municipal, lo que genera problemas de captación.

Con respecto a oleadas de calor, expresan que se siente mucho más calor que antes, pero no se percibe que sea inhabilitante para trabajar al aire libre.

Sobre un posible aumento en el aporte de sedimentos de los ríos, comentan que el río tiene gran particularidad que recoge todos los sedimentos de los derrumbes que se dan en la vía Bogotá – Villavicencio.

Mencionan un problema con las trituradoras en la parte del puente: en verano ellos organizaban sus piscinas en el centro y cuando llegaba el invierno el río busca su cauce natural, entonces el río cubre toda la zona pero no profundamente sino superficial, sobre todo hacia Villavicencio porque Acaciñas tiene una barrera que impide que el paso del agua.

En cuanto a la generación de empleo, comentan que es mínima, en general una mina emplea entre 2 y 3 personas.

Finalmente con respecto a la visión de la Alcaldía frente a la minería, están en este momento reformulando el POT, y basados en el plan de ordenamiento de la cuenca - POMCA del río Guayuriba esperan definir una visión.

17.7.2.4 Reunión con la Alcaldía Municipal de Castilla La Nueva

La reunión con la Alcaldía de Castilla se llevó a cabo el 25 de agosto de 2015, a la que atendió el Dr. Ramiro Martínez, de la Secretaría de Planeación.

El equipo consultor inicia la reunión explicando en qué consiste el proyecto y el alcance del mismo. Se explica que en la región de Villavicencio se prevé, según los escenarios del IDEAM, una disminución de las precipitaciones y un aumento en la temperatura, y que se busca estudiar cómo afectaría esto a la actividad minera de material de arrastre que se desarrolla en la región.

El funcionario explica que la mayoría del material arrastre se obtiene del río Guamal, del río Humadea, y del río Orotoy en menor medida. El río Guamal está casi todo concesionado, en jurisdicción de Guamal y Castilla, y ya todo está en explotación.

En época de invierno no se identifican grandes problemas en la minería. El Secretario indica que a los mineros les conviene cuando hay crecientes de los ríos porque significa mayor cantidad de material de arrastre. Las crecientes sí impiden en ocasiones el ingreso al río, pero que a los mineros les conviene porque los huecos que dejan, luego de una creciente quedan llenos de material nuevamente.

Muchos mineros manejan las corrientes de agua del río para generar más playas y tener mayor área de explotación. El municipio se ha quejado frente a Cormacarena, el Ministerio de Minas, pero no se ha hecho nada. Le parece que los mineros no respetan los polígonos que les son asignados y explotan más de lo que les permite la licencia. Ingresan a los polígonos de otros mineros, y además desvían el cauce del río. La manipulación del cauce del río en algunos casos genera inundaciones en predios vecinos y lo que causa problemas con las comunidades.

El invierno causa en ocasiones problemas de suministro de electricidad, han tenido daños de hasta 2 a 3 días en abastecimiento de luz sobre todo en zonas rurales. Las vías por su parte no se ven afectadas, el 98% de la malla vial es pavimentada en zona rural, y en el casco urbano el 100%. Se inundan las vías a veces, pero esto dura un par de horas.

En verano no se identifican afectaciones, además que ahora los veranos son cortos. Anteriormente el verano que duraba casi 5 meses, desde diciembre hasta abril o mayo. Pero ahora llueve mucho más seguido. Adicionalmente, siente que la temperatura ha aumentado, registrando temperaturas máximas de 37°C aproximadamente. Sin embargo no siente que esto sea inhabilitante para el trabajo al aire libre.

Sobre el mayor aporte de sedimentos por parte de los ríos, el funcionario indica que la deforestación de la cordillera hace que la lluvia arrastre mayor cantidad de material, y que los ríos se anchen. Quizá el volumen de los cauces no haya cambiado, pero ahora el río transporta mayor cantidad de sólidos, entonces necesita más espacio, y va erosionando, lo que a su vez hace que transporte más sedimentos y necesite más espacio, y así sucesivamente.

En cuanto al abastecimiento del acueducto municipal, explica que éste se abastece del río Humadea, y la bocatoma se encuentra en Guamal. El acueducto tiene problemas porque no fue bien diseñado, no tiene suficiente capacidad para potabilizar el agua del municipio. Adicionalmente, en el punto donde se abastece el acueducto, caño el cristalino, cada vez que hay un derrumbe y se tapa la bocatoma del acueducto, el río se llena de sedimentos. Eso ha generado problemas de abastecimiento en el municipio. El plan es trasladar la bocatoma más arriba, antes de la desembocadura del caño cristalino, pero el inconveniente ahí sería un caudal muy bajo.

En relación con otras actividades económicas importantes en el municipio, además de la explotación de hidrocarburos, el funcionario menciona que la ganadería es muy importante en

el municipio, cuentan con 48.000 cabezas de ganado. También es importante la agroindustria, hay cultivos de arroz y de palma de aceite.

Sobre conflictos entre la actividad minera y el desarrollo del municipio, el funcionario explica que se presentan conflictos debido al uso de las vías, principalmente porque el municipio debe asumir la carga de la accidentalidad vial que es alta. En el municipio transitan vehículos de carga pesada como tractomulas que transportan petróleo, que transportan maquinaria, volquetas de doble eje y volquetas de eje sencillo. Las volquetas son las que sufren mayores accidentes.

Finalmente el funcionario concluye que la actividad minera no sufre por efecto de las condiciones climáticas, ya que así las crecientes les impidan trabajar por algunas horas o incluso días, esto es finalmente benéfico para el negocio.

17.7.2.5 Reunión Alcaldía Municipal de Guamal

La reunión con la Alcaldía de Guamal se llevó a cabo el 25 de agosto de 2015. Evento al que atendió el Dr. Edo Rodríguez de la Secretaria de Planeación, y la funcionaria Diana Castillo de la Secretaría de Gestión Ambiental.

El equipo consultor inicia la reunión explicando en qué consiste el proyecto y el alcance del mismo. Se explica que en la región de Villavicencio se prevé, según los escenarios del IDEAM, una disminución de las precipitaciones y un aumento en la temperatura, y que se busca estudiar cómo afectaría esto a la actividad minera de material de arrastre que se desarrolla en la región.

Con respecto al invierno, el Secretario manifiesta que éste se hace cada vez más largo. Este año Empezaron las lluvias en el mes de enero y desde entonces han parado. El río Guamal es el que causa mayores impactos, porque se desborda y afecta veredas cercanas al piedemonte (vereda Monserrate, La Isla, El Carmen, San Miguel). El río Guamal es muy cambiante y es difícil predecir su comportamiento.

Con recursos de la Gobernación, Cormacarena, del Gobierno Nacional y del municipio se construyeron siete diques de 700 m para proteger la margen derecha de río. Con esa obra se logró manejar el problema durante aproximadamente 5 años. Actualmente casi el 60% de esos diques están dañados.

A esto se le suma el factor de la actividad minera. Cormacarena da indicaciones a los mineros, se debe trabajar desde el centro, respetar los 70m partiendo de la orilla, trabajar con piscinas, entre otras recomendaciones. Los mineros que han seguido estas recomendaciones, en esos lugares no ha habido problemas con el río. Pero hay algunas que no respetan eso, y explotan en las orillas de los ríos. Las comunidades por su parte se ven afectadas o beneficiadas dependiendo del manejo que den los mineros al río.

Generalmente, las crecientes del río Guamal duran entre 3 y 5 horas y luego vuelve a la normalidad. Entonces durante ese momento los mineros no pueden ingresar, pero luego siguen trabajando.

De igual forma el río carga muchos sedimentos, hay tantos sedimentos que el lecho ha ido subiendo, parece que fuera superior al nivel del municipio. Esta condición favorece la propensión a inundaciones, independientemente de la minería.

El otro río que atraviesa el municipio es el río Humadea. Este río también se crece durante algunas horas y luego vuelve a su curso normal. Pero cuando hay problemas en la parte alta de la cordillera se origina una creciente súbita y esto ha afectado algunas vías. También inundó algunas casas que están invadiendo la margen del río.

En cuanto a afectaciones a los servicios públicos por causa del invierno comentan que el municipio tiene problemas de contaminación de los acueductos. En noviembre del año anterior (2014) tuvieron problemas de deslizamientos en masa, y se quedaron sin agua en un acueducto veredal. En el municipio (casco urbano) también tuvo problemas de abastecimiento de agua durante tres días. El río Humadea normalmente trae mucha arena, pero se le hace mantenimiento al acueducto 1 vez por semana y con eso se soluciona.

El servicio de electricidad también se ve afectado en ocasiones por el invierno, pero en zonas rurales sobre todo.

En cuanto al verano, el municipio pasó por dos años que fueron críticos, en los que verano comenzó en noviembre y se prolongó hasta mayo, fueron el año 2007 y 2010. Pero desde entonces llueve con mucha frecuencia y los meses de verano han disminuido. En el 2014 el verano duró sólo 2 meses.

El río Orotoy se ve bastante afectado por fuertes veranos, ya que se seca mucho.

Con respecto a posibles afectaciones a las vías, se menciona que no se identifican problemas en este aspecto. La mayoría de las vías está en buen estado. De igual forma los pilares de los puentes no se han visto afectados por el aumento de sedimentos en los ríos.

Sobre eventos climáticos extremos, comentan que ha habido vendavales y tormentas eléctricas, pero que no son muy frecuentes y no ocasionan mayores daños.

En relación con otras actividades económicas que sean importantes para el municipio, mencionan que la ganadería es muy importante. El municipio tiene una planta de sacrificio y se hace feria ganadera los días jueves, viernes y sábado. Vienen ganaderos de otros departamentos como el Guaviare, Vichada.

Finalmente en cuanto al plan de gestión de riesgos del municipio, el funcionario menciona que tienen identificados dos riesgos principales: las inundaciones y los deslizamientos en masa en 3

veredas Monserrate, el Dorado y Montecristo, que están en la parte baja. El origen de esos deslizamientos puede ser la deforestación.

17.7.3 Conclusiones Visita

La visita al área de estudio permitió la confrontación de las investigaciones realizadas en el escritorio con la realidad que se vive en la zona.

En el caso del Meta, el IDEAM estima que habrá una reducción de la precipitación entre el 10% y el 40% y un aumento de la temperatura de hasta 2,5°C hasta final de siglo.

Frente a esto, todos los municipios que se visitaron y los actores con los que se habló, manifiestan que no observan una disminución de las precipitaciones, por el contrario, sienten que los veranos son más cortos y que el invierno dura casi 10 meses.

El invierno representa para algunos municipios problemas por inundaciones, en su mayoría son casos momentáneos, causados por el desbordamiento de los ríos, principalmente los ríos Guayuriba, Acacías y Guamal.

Las inundaciones no representan mayores problemas para los municipios en términos de vías o de prestación de los servicios públicos. Se ven afectados en ocasiones los municipios de Villavicencio y Acacías. En Villavicencio hay barrios subnormales muy cerca de las laderas del río, y cuando éste se desborda las poblaciones allí asentadas se ven afectadas. De igual forma, en una ocasión tuvieron problemas de abastecimiento de agua, porque la creciente del río trajo sedimentos que taparon la bocatoma del acueducto.

La actividad minera por su parte sí se ve bastante afectada por la época de invierno, principalmente por las crecientes de los ríos que no permiten el acceso para trabajar. Algunas crecientes pueden durar hasta 5 semanas. En estos casos las minas tratan de hacerse de un stock para poder beneficiar y comercializar aunque no estén explotando. Las minas que no tengan esa posibilidad quedarían sin poder trabajar hasta volver a tener acceso al río. También se presentan crecientes súbitas de los ríos, que en ocasiones causan daños en las maquinarias.

El verano no afecta a los municipios, a menos de que la sequía sea muy fuerte que baje el caudal de las fuentes hídricas. La última vez que tuvieron esa situación fue en el 2010, sin embargo desde entonces los veranos son muy cortos y no se presentan afectaciones.

En el caso de la actividad minera, las sequías afectan por la falta de agua para la realización del beneficio del material que es altamente dependiente de este recurso.

Con respecto a oleadas de calor, de forma general se siente un aumento de la temperatura, han llegado a tener temperaturas de hasta 37°C en algunos caso; sin embargo, desde las municipalidades no consideran que esto sea un factor inhabilitante para el trabajo al aire libre.

Por su parte, las empresas mineras sí lo consideran como un factor de riesgo, y realizan pausas de hidratación para sus trabajadores. Se debe aclarar que las visitas técnicas se realizaron con dos empresas formales, es posible que empresas más pequeñas o mineros artesanales no estén considerando este factor.

No se observan fenómenos climáticos extremos como vendavales o tormentas eléctricas.

Se observa mayor sedimentación de los ríos, lo que a su vez favorece la erosión y el explayamiento de los mismos. Los actores estiman que se debe en gran parte a deforestación en las partes altas de la cordillera.

En cuanto a la comercialización del material, se hace todo en la región, incluso las empresas que venden hacia Bogotá, el material lo recogen en la región. Tampoco hay problemas en cuanto al suministro de las minas porque las vías están en su mayoría en muy buen estado.

Hay conflictos con las comunidades en cuanto al uso de las vías, ya que sienten que el paso de volquetas deterioran las vías, las ensucian y no hacen mantenimiento. Desde los municipios esto constituye también un problema por el tema del mantenimiento de las vías, ya que siempre hay discusiones con los mineros sobre quién debe asumir este costo, y porque las volquetas causan accidentes de tránsito debido a las altas velocidades que maneja.

Finalmente, varios actores (Cormacarena, empresas mineras) que la explotación que se realiza a través de dársenas no es la más adecuada, ya que favorece el explayamiento de los ríos. La Corporación aconseja que se realice la explotación a través de canales longitudinales paralelos al cauce, aunque esto lo decide la Agencia Nacional de Minería (ANM).

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Alcaldía Municipal de Nechí. (2012). *Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015 "Nechí una sola familia"*. Nechí: Alcaldía Municipal de Nechí.

Amortegui, L., & Carvajal, G. (4 de agosto de 2006). *Archivos de Economía N° 314: Propuesta de una iniciativa de cluster. El caso del cluster del carbón del norte de Cundinamarca, CCNC*. Dirección de Estudios Económicos del Departamento Nacional de Planeación, Bogotá. Obtenido de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/314.pdf>.

Angulo, G. (2015). *Minería en el Meta*. Bogotá.

ANH. (2015). *Producción Fiscalizada de Petróleo por Campo Enero-Diciembre 2014*. Bogotá.

ANLA. (2012). *Auto N° 2032 del 29 de 2012*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, Bogotá. Obtenido de: http://www.anla.gov.co/documentos/8775_auto_2032_290612.pdf.

ANLA. (2012). *Auto N° 2032 del 29 de 2012*. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, Bogotá. Obtenido de: http://www.anla.gov.co/documentos/8775_auto_2032_290612.pdf.

ANM. (2013). *Informe de gestión 2013*. Agencia Nacional de Minería -ANM, Bogotá. Obtenido de: <http://www.anm.gov.co/sites/default/files/Documentos/informedegestion2013v3.pdf>.

ANM. (13 de Mayo de 2015). *Estadísticas de accidentalidad, consolidado 2005 - 2015*. Recuperado el 21 de septiembre de 2015, de Agencia Nacional de Minería -ANM: <http://www.slideshare.net/AgenciaNaldeMineria/consolidado-emergencias-mineras-20052015>

Arango, M., Zapata, J., & Gómez, R. (Noviembre de 2010). Estrategias en la cadena de suministro para el distrito minero de Amagá. *Boletín de Ciencias de la Tierra*(28), 27 - 38. Obtenido de: http://intranet.minas.medellin.unal.edu.co/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1730&Itemid=57.

Arcila, L., Vargas, J., & Arias, G. (2009). *Perfil de la subregion del Bajo Cauca*. Informe preparado para la Dirección de Planeación Estratégica Integral de la Gobernación de Antioquia, Medellín Obtenido de: http://www.antioquia.gov.co/antioquia-v1/organismos/planeacion/descargas/perfiles/perfilsubregional_bajo%20cauca.pdf.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

- Arrieta, D. (30 de mayo de 2011). Producción de Drummond, la más afectada por inviernos: Ingeominas. *El Heraldo*. Obtenido de: <http://www.elheraldo.co/economia/produccion-de-drummond-la-mas-afectada-por-inviernos-ingeominas-23421>.
- Banco de la República. (2013). *Informe Coyuntura Económica Regional (ICER) 2013 Departamento de Antioquia*. Bogotá: DANE, Banco de la República.
- Banco de la República. (2013). *Informe de Coyuntura Económica Regional - Departamento de Cundinamarca*. Bogotá: Banco de la República.
- Banco de la República. (2014). *Informe Coyuntura Económica Regional (ICER) 2013 Departamento del Meta*. Bogotá: DANE, Banco de la República.
- BHPbilliton. (25 de julio de 2013). *Planta desalinizadora de agua para Minera Escondida*. Recuperado el 21 de agosto de 2015, de Community & sustainability news: <http://www.bhpbilliton.com/society/communitynews/planta-desalinizadora-de-agua-para-minera-escondida>
- Burkett, V.R., Suárez, A.G., Bindi, M, Conde, C., Mukerji, R., Prather, M.J., . . . Yoje, G.W. (2014). Point of departure. En C. V. Field (Ed.), *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspect. Contribution of Working group II to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (págs. 169 - 194). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Bussi, G. , Rodríguez-Lloveras, X., Francés, F., Benito, G., Sánchez-Moya, Y., & Sopeña, A. (2013). Sediment yield model implementation based on check dam infill stratigraphy in a semiarid Mediterranean catchment. *Hydrology and Earth Systems Sciences, 17*, 3339 - 3354.
- Camara de Comercio de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca. (2013). *Plan de Competitividad para la Provincia de Ubaté*. Bogotá: Camara de Comercio de Bogotá.
- Cámara de Comercio de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca. (2013). *Plan de Competitividad para la Provincia de Ubaté*. Bogotá: Camara de Comercio de Bogotá.
- Cámara de Comercio de Medellín. (2013). *Indicadores Económicos 2013*. Medellín: Cámara de Comercio de Medellín.
- Cámara de Comercio de Villavicencio. (2007). *Censo Económico de Acacías*. Villavicencio: Cámara de Comercio de Villavicencio.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

CAR. (2006). *Diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR, Bogotá, D.C. Obtenido de <http://www.aigos.com.co/ubate/FSCCommand/pomcadoc.pdf>

CAR. (2006). *Diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR, Bogotá, D.C. Obtenido de: <http://www.aigos.com.co/ubate/FSCCommand/pomcadoc.pdf>.

CEPAL. (2012). *Valoración de daños y pérdidas: Ola invernal en Colombia 2010 - 2011*. Misión BID - Cepal, Bogotá. Obtenido de: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/47330/olainvernalcolombia2010-2011.pdf>.

CEPAL. (2012). *Valoración de daños y pérdidas: Ola invernal en Colombia 2010 - 2011*. Misión BID - Cepal, Bogotá. Obtenido de: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/47330/olainvernalcolombia2010-2011.pdf>.

Codazzi, I. G. (Ed.). (2015). *Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial*. Obtenido de SIGOT: <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/>

Contraloría de Cundinamarca, & CAR. (2010). *Estado de los recursos naturales y del ambiente en Cundinamarca. Vigencia 2009*. Informe técnico, Contraloría de Cundinamarca y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR, Bogotá, D.C. Obtenido de: http://www.contraloriadecundinamarca.gov.co/attachment/attachments_new/informe.pdf.

Contraloría Municipal de Villavicencio. (2010). *Informe del estado de los recursos naturales y el medio ambiente: 2009*. Informe técnico, Contraloría Municipal de Villavicencio, Villavicencio. Obtenido de: <http://contraloriavillavicencio.gov.co/dctos/ambiental.pdf>.

Corantioquia. (2011). *Plan de acción para la atención y mitigación de la emergencia invernal en la jurisdicción de Corantioquia*. Informe técnico, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia -Corantioquia, Medellín. .

Corficolombiana. (2 de marzo de 2012). Drummond espera que producción de carbón en Colombia aumente el 32%, a 29 millones de toneladas. *Noticias financieras - Corficolombiana*. Obtenido de: <http://www.corficolombiana.com/webcorficolombiana/paginas/documento.aspx?idd=1517&idr=1340&idn=243929>.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

CORMACARENA. (2010). *Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del río Guayuriba*. Villavicencio.

CORMACARENA –UAESPNN –CAEMA. (2013). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Guatiquía*.

DANE. (2005). *Censo General 2005*. Bogotá: DANE.

DANE. (2005). *Proyecciones Demográficas 2005-2020*. Bogotá: DANE.

De Castro, P., Salinett, S., & GLISC, G. L. (s.f.). *Guidelines for the production of scientific and technical reports: how to write and distribute grey literature*. (Version 1.0. ed.). Grey Literature Internat.

DNP. (2011). *Visión del desarrollo territorial departamental. Visión Meta 2032: Territorio integrado e innovador*. Informe técnico, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá, D.C. Obtenido de: <https://javierferro.files.wordpress.com/2013/05/documento-vision-meta-2032-ultimo-131211.pdf>.

EFE. (9 de agosto de 2014). Cerrejón aportará \$ 2.000 millones más para dar agua a La Guajira. *El Tiempo*, págs. Obtenido de: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/sequia-en-la-guajira/14360942>.

EFE. (9 de agosto de 2014). Cerrejón aportará \$ 2.000 millones más para dar agua a La Guajira. *El Tiempo*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/sequia-en-la-guajira/14360942>

Escobar, M. (11 de octubre de 2004). Minas de bajo riesgo. *UN Periodico*, 182.

Escobar, M. (11 de octubre de 2004). Minas de bajo riesgo. *UN Periodico*, 182. Obtenido de <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/minas-de-bajo-riesgo.html>

Estrada, O., Poveda, G., & Galeano, A. (2009). Asociación entre la variabilidad macro-climática y la transmisión de malaria en Colombia y en las regiones antioqueñas del Bajo Cauca y Urabá. *XIV Congreso colombiano de parasitología y medicina tropical*, 29(1).

Fundación Ideas para la Paz, USAID. (2014). *Dinámicas del conflicto armado en el Bajo Cauca antioqueño y su impacto humanitario*. Bogotá: Fundación Ideas para la Paz.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Gobernación de Antioquia. (2009). *Perfil de la Subregión del Bajo Cauca*. Medellín: Gobernación de Antioquia. Obtenido de http://www.antioquia.gov.co/antioquia-v1/organismos/planeacion/descargas/perfiles/perfilsubregional_bajo%20cauca.pdf

Gobernación de Antioquia. (2012). *Inventario Agropecuario de Antioquia y las Subregiones*. Medellín: Gobernación de Antioquia.

Gobernación de Norte de Santander. (28 de abril de 2011). *Ola invernal afecta sector minero en Norte de Santander*. Obtenido de <http://www.nortedesantander.gov.co/noticia.php?id=4697>

Gobernación de Norte de Santander. (28 de abril de 2011). *Ola invernal afecta sector minero en Norte de Santander*. Obtenido de <http://www.nortedesantander.gov.co/noticia.php?id=4697>

González, N., Manrique, F., Ospina, J., Roa, M., & Hurtado, E. (2009). Utilidad de las técnicas de espirometría y oximetría en la predicción de alteración pulmonar en trabajadores de la minería del carbón en Paipa-Boyacá. *Revista de la Facultad de Medicina*, 57(2), 100 - 110.

Huff, A., & Thomas, A. (2014). *Lake Superior Climate Change Impacts and Adaptation*. Preparado por Battelle para Lake Superior Lakewide Action and Management Plan – Superior Work Group. Thunder Bay (Canadá): EPA.

Huff, A., & Thomas, A. (2014). *Lake Superior Climate Change Impacts and Adaptation*. Preparado por Battelle para Lake Superior Lakewide Action and Management Plan – Superior Work Group. Thunder Bay (Canadá): EPA. Obtenido de <http://www.epa.gov/grtlakes/lakesuperior/lake-superior-climate-change-impacts-report-201401.pdf>

IDEAM. (2010). *Segunda comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Bogotá, D.C., Colombia.

IDEAM. (2010). *Segunda comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Bogotá D.C., Colombia. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/40860/219937/2%C2%AA+Comunicaci%C3%B3n+Glosario.pdf/af19b078-32cb-44c0-9ef4-50fe0efe9cd1>

IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá, D.C.

- IDEAM. (2015). *Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia (2011 - 2100). Herramientas científicas para la toma de decisiones: Enfoque nacional - departamental. Tercera comunicación nacional de cambio climático.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia -IDEAM, Bogotá, D.C. Obtenido de <http://modelos.ideam.gov.co/media/dynamic/escenarios/escenarios-de-cambio-climatico-2015.pdf>
- IDEAM. (2015). *Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia (2011 - 2100). Herramientas científicas para la toma de decisiones: Enfoque nacional - departamental. Tercera comunicación nacional de cambio climático.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia -IDEAM, Bogotá, D.C. Obtenido de <http://modelos.ideam.gov.co/media/dynamic/escenarios/escenarios-de-cambio-climatico-2015.pdf>
- IDEAM. (2015). *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.* Bogotá.
- IGAC, & Gobernación de Antioquia. (2007). *Antioquia, características geográficas.* Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC y Gobernación de Antioquia, Bogotá.
- IPCC. (2007). *Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the Fourth assesment report of Intergovernmental Panel on Climate Change.* (R. y. Pachauri, Ed.) Génova, Suiza: IPCC.
- IPCC. (2010). *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* New York: Cambridge University Press. Obtenido de http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Full_Report.pdf
- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme events and disasters to advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* New York: Cambridge University Press. Obtenido de https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf
- IPCC. (2015). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working groups I, II and III to the Fifth assesment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (R. y. Pachauri, Ed.) Génova, Suiza: IPCC.
- IPCC. (2015). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working groups I, II and III to the Fifth assesment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (R. K. Pachauri, & L. A. Meyer, Edits.) Génova, Suiza: IPCC.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Jiménez Cisneros, B.E., Oki, T., Arnell, N.W., Benito, G., Cogley, J.G., Döll, P., . . . Mwakalila, S.S. (2014). Freshwater resources. En IPCC, & C. B. Field (Ed.), *Climate change 2014: impacts, adaptation and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working group II to the Fifth assessment report of the IPCC* (págs. 229 - 269). Cambridge, Reino Unido.

Jiménez, B. E., Oki, T., Arnell, N. W., Benito, G., Cogley, J. G., Döll, P., . . . Mwakalila, S. S. (2014). Freshwater Resources. En C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, & T. E. Bilir (Edits.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and* (págs. 229-269). United Kingdom and New York: IPCC. Obtenido de https://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap3_FINAL.pdf

Jiménez, B., Oki, T., Arnell, N., Benito, G., Cogley, J., Döll, P., . . . Mwakalila, S. (2014). Freshwater resources. En IPCC, & C. B. Field (Ed.), *Climate change 2014: impacts, adaptation and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working group II to the Fifth assessment report of the IPCC* (págs. 229 - 269). Cambridge, Reino Unido.

Kimball, J. (14 de enero de 2011). Meta de producción de carbón afectada por lluvias. *Dinero*, Obtenida de: <http://www.dinero.com/imprimir/111011>.

King, P., & Dunstall, S. (2010). *Comments on draft National Ports Strategy*. CSIRO Subcomision 10/390. Dickson: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO).

King, P., & Dunstall, S. (2010). *Comments on draft National Ports Strategy*. CSIRO Subcomision 10/390. Dickson: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Obtenido de http://infrastructureaustralia.gov.au/policy-publications/submissions/nps/files/10_009CSIRO.pdf

Kundzewicz, Z., Kanae, S., Seneviratne, S., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., . . . Sherstyukov, B. (2013). Flood risk and climate change – global and regional perspectives. *Hydrological science journal*, 59(1).

Loechel, B. (28 de abril de 2013). *Mining companies are underprepared for climate change*. Obtenido de The Conversation: <https://theconversation.com/mining-companies-are-underprepared-for-climate-change-13091>

Macdonald-Smith, A. (10 de febrero de 2004). Coal exports get caught in shipping traffic jam. *Fairfax digital*, pág. Obtenido de:

ACON-Miembro Grupo INERCO

Unidad de Planeación Minero Energética-
0580-112-V.001-octubre/2015

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

<http://www.theage.com.au/articles/2004/02/09/1076175101718.html?from=storyrhs>

Mathews, C. (16 de enero de 2014). Coal exports heat up on icy weather in northern hemisphere. *Business day BDLive*, págs. Obtenido de: <http://www.bdlive.co.za/business/mining/2014/01/16/coal-exports-heat-up-on-icy-weather-in-northern-hemisphere>.

MAVDT, CEDE. (2010). *Manual Técnico para la Evaluación Económica de Impactos Ambientales en Proyectos sujetos a Licenciamiento Ambiental*. Bogotá.

MAVDT-CEDE. (s.f.). *Evaluación económica de impactos ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental: Manal Técnico*. Bogotá.

Mayorga, R., Hurtado, G., & Benavides, H. (2011). *Evidencias de cambio climático en Colombia con base en información estadística. Nota técnica del IDEAM. IDEAM-Meteo/001-2011*. Subdirección de Meteorología del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM, Bogotá. Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Evidencias+de+Cambio+Clim%C3%A1tico+en+Colombia+con+base+en+informaci%C3%B3n+estad%C3%ADstica.pdf/1170efb4-65f7-4a12-8903-b3614351423f>.

Met Office. (2015). Recuperado el 9 de octubre de 2015, de <http://www.metoffice.gov.uk/>

Ministerio de Trabajo. (2013). *Perfil Productivo Municipio El Bagre*. Bogotá: Ministerio de Trabajo.

MME & MMA. (2002). *Guía minero ambiental N° 2: Explotación*. Ministerio de Minas y Energía - MME y Ministerio del Medio Ambiente -MMA, Bogotá. Obtenido de <http://www.simec.gov.co/Portals/0/Documental/1161.pdf>

MME. (2003). *Glosario técnico minero*. Ministerio de Minas y Energía -MME, Bogotá. Obtenido de: <http://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>.

MME. (2009). *Anuario Estadístico Minero Colombiano*. Ministerio de Minas y Energía -MME, Bogota. Obtenido de: http://www.simco.gov.co/Portals/0/Otros/DOC_ESP.pdf.

MME, & Incoplan S.A. (2011). *Infraestructura de transporte multimodal y de logísticas integradas para el desarrollo de la industria minera en Colombia, con énfasis en puertos*. Informe de consultoría preparado por Incoplan S.A. para el Ministerio de Minas y Energía -MME,

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Bogotá, D.C. Obtenido de:
<http://www.simco.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=0CBLMjONx3M=&tabid=282>.

MME, & MMA. (2002a). *Guía minero ambiental N° 2: Explotación*. Ministerio de Minas y Energía -MME y Ministerio del Medio Ambiente -MMA, Bogotá. Obtenido de:
<http://www.simec.gov.co/Portals/0/Documental/1161.pdf>.

MME, & MMA. (2002b). *Guía minero ambiental N° 3: Beneficio y transformación*. Bogotá. Obtenido de: <http://www.minminas.gov.co/documents/10180/416798/beneficio.pdf>:
Ministerio de Minas y Energía -MME y Ministerio de Ambiente -MMA.

MME, UPME, & U. de Córdoba. (2014). *Estudio de la cadena del mercurio en Colombia con énfasis en la actividad minera del oro: Tomo 1*. Estudio realizado por la Universidad de Córdoba para el Ministerio de Minas y Energía -MME y la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME, Bogotá. Obtenido de:
http://www.upme.gov.co/SeccionMineria_sp/cadena_de_mercurio/Cadena_Mercurio_Tomo_1.pdf.

Moore, M., Hampton, S., Izmet'eva, L., Silow, E., Peshkova, E., & Pavlov, B. (mayo de 2009). Climate Change and the World's "Sacred Sea"—Lake Baikal, Siberia. (O. U. Press, Ed.) *Bioscience*, 59(5), 405 - 417.

Moreno, N. (2011). *Modelo de un programa de seguridad e higiene para la minería subterránea de carbón en Colombia*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de:
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/603/1/moreno_cn.pdf.

Moreno, N. (2011). *Modelo de un programa de seguridad e higiene para la minería subterránea de carbón en Colombia*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de:
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/603/1/moreno_cn.pdf

MPS, INS, & OPS. (2007). *Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de malaria*. Plan Nacional de Salud Pública. Ministerio de la Protección Social -MPS, Instituto Nacional de Salud -INS y Organización Panamericana de Salud -OPS, Bogotá.

Naidoo, K., & Handley, M.F. (mayo-junio de 2002). Basic principles for stable gullies in the gold and platinum mines of South Africa. *The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 102(4), 189 - 198.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Naidoo, K., & Handley, M.F. (mayo-junio de 2002). Basic principles for stable gullies in the gold and platinum mines of South Africa. *The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 102(4), 189 - 198. Obtenido de <http://www.saimm.co.za/Journal/v102n04p189.pdf>

Newcrest. (2014). *Cadia Valley Operations Set Gold Standard*. Recuperado el 21 de agosto de 2015, de <http://www.cstwastewater.com/cadia-valley-operations-set-gold-standard/>

NOAA. (4 de agosto de 2015). *Climate Challenge: What was the water level in Lake Mead at the end of July?* (N. O. -NOAA, Ed.) Recuperado el 21 de agosto de 2015, de Climate.gov: Science & information for a climate-smart nation: <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCQQFjAAahUKEwjlqleMy4vIAhVHJh4KHaU2CKA&url=https%3A%2F%2Fwww.climate.gov%2Fnews-features%2Ffeatured-images%2Fclimate-challenge-what-was-water-level-lake-mead-end-july&>

NOAA. (4 de agosto de 2015). *Climate Challenge: What was the water level in Lake Mead at the end of July?* (N. O. -NOAA, Ed.) Recuperado el 21 de agosto de 2015, de Climate.gov: Science & information for a climate-smart nation: <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCQQFjAAahUKEwjlqleMy4vIAhVHJh4KHaU2CKA&url=https%3A%2F%2Fwww.climate.gov%2Fnews-features%2Ffeatured-images%2Fclimate-challenge-what-was-water-level-lake-mead-end-july&>

Nyman, P., Sheridan, G.J., Smith, H.G., & Lane, P.N. (2011). Evidence of debris flow occurrence after wildfire in upland catchments of south-east Australia. *Geomorphology*, 125(3), 383 - 401.

OMS, OMM, & PNUMA. (2003). *Cambio climático y salud humana, riesgos y respuestas: Resumen*. Organización Mundial de la Salud, Organización Meteorológica Mundial y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Obtenido de: <http://www.who.int/globalchange/publications/en/Spanishsummary.pdf>.

Oskin, B. (15 de mayo de 2014). Tropical storms shifting paths; impact of climate change debated. *CBSNews - Livescience.com*, págs. Obtenido de: <http://www.cbsnews.com/news/tropical-storms-shift-paths-toward-poles-impact-of-climate-change-debated/>.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

PNUD, & Alfonso, M. (2013). *“Elaboración del Diagnóstico de las Condiciones Técnicas Minero ambientales mediante*. Informe de consultoría elaborado por Mauricio Alfonso para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD y el Ministerio de Minas y Energía -MME, Bogotá. Obtenido de: http://www.asogravas.org/Portals/0/Archivos2013/Memorias2013/Foro_Explo%20taci%C3%B3n_Material_Petreo_Lecho_Rio/Resumen_Ejecutivo_PNUD.pdf.

Porras, H. (2012). *Anuario Estadístico de Antioquia 2011*. Secretaria de Ambiente. Medellín: Gobernación de Antioquia. Obtenido de http://www.antioquia.gov.co/PDF2/boletin_2011_medio_ambiente.pdf

Prodeco. (2011). *Informe de sostenibilidad 2010*. Glencore Corporate. Barranquilla: Obtenido de: http://www.prodeco.com.co/files/8813/4808/7741/informe_espanol.pdf.

Reales, Y. (22 de enero de 2014). Sequía afecta producción del Cerrejón: entrevista al vicepresidente de Asuntos Públicos de El Cerrejón. *Las noticias*. Riohacha, La Guajira, Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=P964msoAdNE>.

Rosenzweig, C., Casassa, G., Karoly, D., Imeson, A., Chunzhen, L., Menzel, A., . . . Tryjanowski, P. (2007). Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. En M. O. Parry, & M. O. Parry (Ed.), *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (págs. 79 - 131). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Ruiz, J. (2010). *Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (panorama 2011 -2011)*. Nota técnica del IDEAM. Subdirección de meteorología del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM, Bogotá. Obtenido de: <http://modelos.ideam.gov.co/media/dynamic/escenarios/nota-tecnica-sobre-generacion-de-ecc.pdf>.

Russell, J., & Long, K. (2006). A failed Lake Eppalock: a dire indicator for parched Murray Darling Basin. *Journal the Environmental Engineer*, 7(4), 7 - 11.

Russell, J., & Long, K. (2006). A failed Lake Eppalock: a dire indicator for parched Murray Darling Basin. *Journal the Environmental Engineer*, 7(4), 7-11. Obtenido de <http://www.thelongview.com.au/documents/FAILED-LAKE-EPPALOCK-INDICATOR-2006-Russell-and-Long-v1.pdf>

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Sánchez, J. (2004). *hidrologia.usal.es*. (D. d. Salamanca, Ed.) Obtenido de Apuntes sobre hidrología e hidrogeología: <http://hidrologia.usal.es/index.htm>

Sánchez, J. (2004). *hidrologia.usal.es*. (D. d. Salamanca, Ed.) Obtenido de Apuntes sobre hidrología e hidrogeología: <http://hidrologia.usal.es/index.htm>

SANEDI. (2013). *The South African coal roadmap*. South African National Energy Development Institute - SANEDI. Obtenido de: <http://www.sanedi.org.za/archived/wp-content/uploads/2013/08/sacrm%20roadmap.pdf>.

Seneviratne, S.I., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C.M., Kanae, S., Kossin, J., . . . Zhang, X. (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment: an overview of the IPCC SREX report. En IPCC, & C. B. Field (Ed.), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of Working groups I and II to the Fifth assessment report of the IPCC* (págs. 109 - 230). Cambridge, Reino Unido.

Sharma, B. (21 de julio de 2009). Pachauri defends India's climate stand. *Thaindian News*, págs. Obtenido de: http://www.thaindian.com/newsportal/eniornment/pachauri-defends-indias-climate-stand_100221052.html.

Sharma, V., van De Graaff, S., & Loechel, B. (2013). In situ adaptation to climatic change: mineral industry responses to extreme flooding events in Queensland. *Society & natural resources: An international journal*, 26(11), 1252-1267. Obtenido de <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/08941920.2013.797528>

Sharma, V., van de Graaff, S., Loechel, B., & Franks, D. (2013 b). *Extractive resource development in a changing climate: learning the lessons from extreme weather events in Queensland, Australia, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast*. Final report.

Sharples, B. (06 de enero de 2011). Coal contract price may rise 33% on Australian floods. *Bloomberg Business*, págs. Obtenido de: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2011-01-05/coking-coal-contract-price-may-rise-33-on-australian-floods>.

SME. (2010). *Plan de desarrollo minero para el departamento de Cundinamarca 2010 - 2019*. Secretaría de Minas y Energía; Gobernación de Cundinamarca, Bogotá. Obtenido de: http://www6.cundinamarca.gov.co/Cundinamarca/Archivos/FILE_ENTIDADES/FILE_ENTIDADES87378.pdf.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Smith, M. (2013). *The Mining and Mineral Processing Sector –Climate Change Risks and Opportunities. An Educational Guide to Assist Climate Change Risk, Adaptation and Mitigation Opportunity Assessment. Skills for the Carbon Challenge Program. DIICCSRTE and ANU*. Obtenido de: <http://sustainability.edu.au/material/teaching-materials-document/315/download/>.

Stoll, S., Hendricks Franssen, H.J., Barthel, R., & Kinzelbach, W. (2011). What can we learn from long-term groundwater data to improve climate change impact studies? (E. G. Union, Ed.) *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(12), 3861 - 3875.

UPME & Geominas. (2006). *Formulación de una iniciativa de producción más limpia dirigida al sector de los metales preciosos en pequeña escala en Colombia. Informe preparado por Geominas para la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME*. Bogotá. Obtenido de <http://www.upme.gov.co/Docs/Mineria/1865.pdf>

UPME. (2005). *Distritos mineros: exportaciones e infraestructura de transporte*. Unidad de Planeación Minero Energética -UPME, Bogotá. Obtenido de: http://www.upme.gov.co/Docs/Distritos_Mineros.pdf.

UPME. (2006). *Plan Nacional de Desarrollo Minero: Colombia País Minero, visión al año 2019*. Bogotá, Obtenido de: http://www.upme.gov.co/Docs/PNDM_2019_Final.pdf.

UPME. (2007). *Plan Nacional de Desarrollo Minero 2007 - 2010: Gestión pública para propiciar la actividad minera*. Bogotá, Obtenido de: http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Nal_Des_Minero_2007_2010.pdf.

UPME. (2007). *Plan Nacional de Desarrollo Minero 2007 - 2010: Gestión pública para propiciar la actividad minera*. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. Obtenido de http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Nal_Des_Minero_2007_2010.pdf

UPME. (2012). *Plan Nacional de Desarrollo Minero al 2014: Sector minero de cara a la sociedad*. Bogotá, Obtenido de: <http://www1.upme.gov.co/sites/default/files/news/3088/files/pndm2014.pdf>.

UPME. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo Minero 2010 - 2018; Versión preliminar para discusión*. Bogotá D. C., Obtenido de: http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Minero/PNDM_2010_2018_dic_31.pdf.

UPME. (2014). *Plan Nacional de Ordenamiento Minero -PNOM: documento en extenso, anexo a la Resolución UPME 0256 de 2014*. Unidad de Planeación Minero Energética -UPME.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Obtenido de:
http://www.upme.gov.co/Normatividad/Upme/2014/PNOM_EN_EXTENSO.PDF,
Bogotá, D.C.

UPME. (2015). *Producción de oro por municipio anual*. Recuperado el 21 de 08 de 2015, de SIMCO:

http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=116&grupo=496&FechaInicial=01/01/2001&FechaFinal=31/12/2015

UPME, & CRU Strategies. (2007). *Estudio de mercado de la Unión Europea*. Informe preparado por CRU Strategies para la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME, Bogotá.

Obtenido de:
http://www.simco.gov.co/Portals/0/UPME_Estudio_de_Mercado_Union_Europea_Versión_Final.pdf.

UPME, & Geominas. (2006). *Formulación de una iniciativa de producción más limpia dirigida al sector de los metales preciosos en pequeña escala en Colombia*. Bogotá. Informe preparado por Geominas para la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME. Obtenido de: <http://www.upme.gov.co/Docs/Mineria/1865.pdf>.

UPME, & Muñoz, J. (2007). *Diseño de agenda para el desarrollo productivo y competitivo del distrito minero Zipa - Samacá. Informe final*. Informe de consultoría preparado por Jineth M. Muñoz para la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, Bogotá. Obtenido de: http://www.simco.gov.co/Simco/Portals/0/INFORME_FINAL_zipa_samaca.pdf.

UPME, & Proyección IB2. (2014). *Evaluar la situación actual y los escenarios futuros del mercado de los materiales de construcción y arcillas de las ciudades de Cali, Cúcuta, Villavicencio, Cartagena, Sincelejo, Yopal, Valledupar y Montería: Villavicencio*. Informe de consultoría, Informe de consultoría elaborado por el Consorcio Proyección IB2 para la Unidad de Planeación Minero Energética -UPME, Bogotá, D.C.

Varela, N. (2009). *Formulación del plan local de emergencia y contingencia del municipio de Cucunubá*. Informe técnico, Alcaldía Municipal de Cucunubá, Cucunubá, Cundinamarca.

Villegas, E. (2014). *Propuesta de lineamientos conceptuales y metodológicos para la planificación de la gestión sostenible de la cuenca hidrográfica del río Bogotá, desde una perspectiva regional*. Tesis de maestría, Maestría en Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C.

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

Walling, D.E. (2009). *The impact of global change on erosion and sediment transport by rivers: current progres and future challenges*. International sediment iniciative of UNESCO-IHP. Programa hidrológico internacional de la UNESCO.

Yang, D., Kanae, S., Oky, T., Koike, T., & Musiake, K. (13 de Sept. de 2003). Global potential soil erosion with reference to land use and climate changes. *Hydrological processes*, 17(14), 2913 - 2928.

Zhang, G., Xie, H., Duan, S., Tian, M., & Yi, D. (enero de 2011). Water level variation of lake Qinghai from satellite and in situ measurments under climate change. *Journal of applied remote sensing*, 5(1).

Implementación del Mapa de Ruta para la Adaptación del Sector Energético al Cambio Climático (Incluyendo el uso de la Herramienta de Servicios Ecosistémicos) e Identificación de Factores de Vulnerabilidad del Sector Minero y de Líneas Gruesas de Medidas de Adaptación – Producto 9

ANEXOS

Anexo 1 Mapas

Anexo 2 Registro fotográfico

Anexo 3 Actas salidas de campo

Anexo 4 Matrices de vulnerabilidad y riesgo para los sistemas mineros analizados