



## 4. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA

### 4.1 MEDIO FÍSICO

En el presente capítulo se desarrolla la caracterización de los aspectos biofísicos para la Actualización y Socialización del Plan de Manejo Ambiental para el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque. Las temáticas desarrolladas a continuación ilustran las características climáticas, hidrológicas, geológicas, geomorfológicas, de los suelos, la cobertura de la tierra y de amenazas naturales relacionadas con el territorio físico del DRMI, además de la información sobre vegetación y fauna, con el propósito de aportar criterios de evaluación en la identificación de impactos ambientales, valoración de las dinámicas de amenaza y vulnerabilidad que permitan establecer los grados de riesgo del medio natural, así como las dinámicas que coadyuven a la definición y el diseño de las medidas de control, mitigación y compensación sobre el entorno físico; de manera que se evite al máximo cualquier afectación negativa sobre la estructura natural y sus sistemas sociales y económicos.

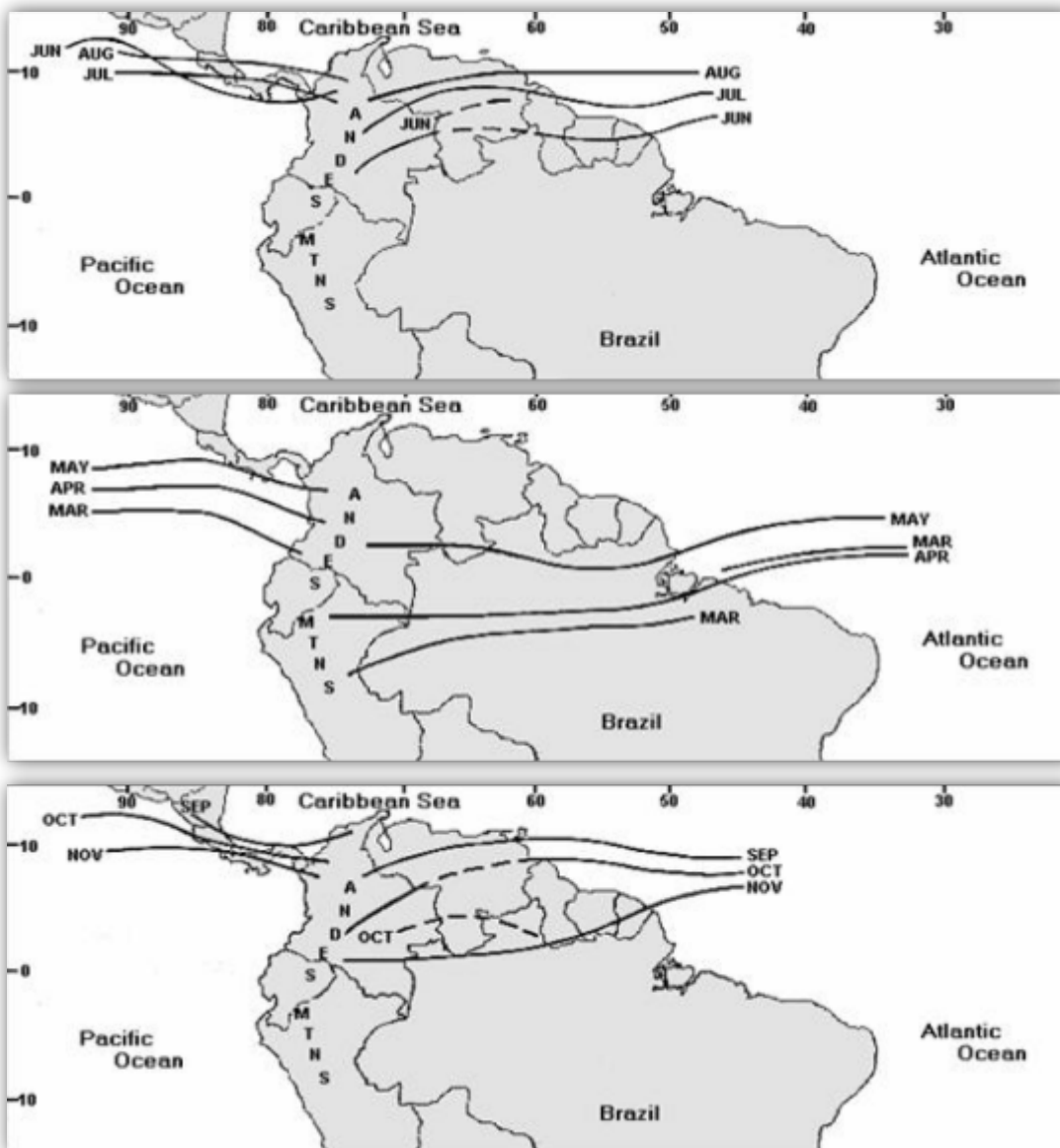
#### 4.1.1 Clima

Por su localización geográfica, nuestro País se ve influenciado por una circulación de los vientos alisios del noreste y del sureste. Estas corrientes de aire cálido y húmedo provenientes de latitudes subtropicales, confluyen en una franja denominada Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT); la cual favorece la formación de nubosidad y de lluvias. Otros factores incidentes son la activación de las ondas del este y la temporada de huracanes para las regiones del centro y norte del País (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

En Colombia, debido a la influencia orográfica, esta banda se fractura en tres segmentos determinando comportamientos diferentes del régimen de precipitaciones sobre varias zonas del País. Es decir, la ZCIT, actúa de forma diferente en la región pacífica así como en el centro y norte y el suroriente del País. El segmento continental, que influye en la cuenca del río Garagoa y por ende, en el área del DRMI, entre enero y febrero, aparece fraccionado e independiente del segmento del Pacífico y se ubica entre los 5° y 10° de latitud sur. Entre marzo y abril se conecta con el segmento del océano Atlántico formando un solo sistema que se ubica entre los 5° de latitud sur y 1° de latitud norte al oriente del País. Entre junio y agosto, debido a la influencia de la cordillera Oriental, se estanca, presentando una inclinación suroeste-noreste sobre el oriente del territorio nacional, desplazándose también hacia el norte. Entre septiembre y noviembre la rama continental inicia su recorrido hacia el sur, moviéndose de los 8° de latitud norte hacia el Ecuador sobre la Orinoquia y Amazonia. Son estas variaciones las que determinan las temporadas de lluvia y sequía en esta región y particularmente en la cuenca del río Garagoa (Figura 4.1) (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Figura 4. 1. Esquema de la fluctuación interanual de la ZCIT en Latinoamérica.



**Fuente:** CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004. Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa.

La cuenca del río Garagoa y específicamente el área del DRMI, no se escapa al comportamiento y condicionamientos antes mencionados. En su trayectoria, los alisios arrastran humedad desde el océano Atlántico y gran parte de los Llanos Orientales. Debido a la influencia de la cordillera Oriental tales vientos se ven forzados a ascender. Ese ascenso da lugar a la condensación por ascenso, formación de nubes de gran desarrollo

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



vertical que llegan a ocasionar abundantes precipitaciones sobre el piedemonte llanero, alcanzando a influenciar la parte media y baja de esta Cuenca (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

Por otra parte, la cuenca del río Garagoa presenta una orografía muy irregular/quebrada. Este factor, sumado a la insolación diferenciada de los flancos de las vertientes, condiciona la ocurrencia de fenómenos de circulación local como circulación valle-montaña, que contribuye con el arrastre de masas de aire cálidas y húmedas desde los Llanos Orientales durante las horas del día, como también la circulación montaña-valle, que arrastra masas de aire frío en sentido contrario, dando lugar a la formación de nieblas que constituyen la precipitación horizontal durante las horas de la noche, que finalmente alimenta los niveles freáticos (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

El comportamiento descrito, se ve complementado por otros fenómenos circulación local como los efectos barrera y embudo que, en conjunto, permiten establecer fuertes gradientes de precipitación a lo largo de la Cuenca. Debido a ese gradiente de precipitaciones, la circulación y el componente altitudinal, la Cuenca presenta tres tipos de climas: un clima seco y/o moderadamente seco en la parte alta; un clima semihúmedo en la parte media; y un clima húmedo en la parte media baja y baja de la Cuenca (según método de De Martone).

Por sus condiciones físicas y geográficas, a diferencia de otras zonas ubicadas en la Región Andina, en la Cuenca se genera un patrón de lluvias de tipo monomodal a lo largo del año, con máximos en los meses de mayo - junio, lo cual facilita la intensificación de derrumbes (remoción en masa) y procesos erosivos durante los meses de junio-septiembre cuando los suelos están saturados de agua, en tanto que los mínimos se alcanzan durante los meses de diciembre - enero generando déficit de agua. Estas variaciones en las temporadas de lluvia y sequía son las que regulan la producción agrícola, pecuaria y la generación de energía (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

La determinación de los parámetros climáticos se consolidó a partir de la información secundaria relacionada en el Anexo 5 del presente informe, con especial énfasis en los registros de las estaciones climáticas entregados por CORPOCHIVOR.

#### 4.1.1.1 Precipitación

De acuerdo a la información de los registros mensuales multianuales de precipitación entregados por CORPOCHIVOR (2013) y teniendo en cuenta las estaciones localizadas en el área de influencia del DRMI (Tabla 4.1), se realizó la evaluación de la precipitación a nivel de subcuencas (Tabla 4.2). Los registros utilizados se presentan en el Anexo 6.

- **Subcuenca del río Guaya.** Teniendo en cuenta los registros de la estación La Capilla, el promedio de precipitación en la subcuenca es de 1.011,3 mm al año, presentando un régimen monomodal con mayores valores de precipitación entre los meses de abril a agosto, siendo el mes de junio el que registra el valor medio

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



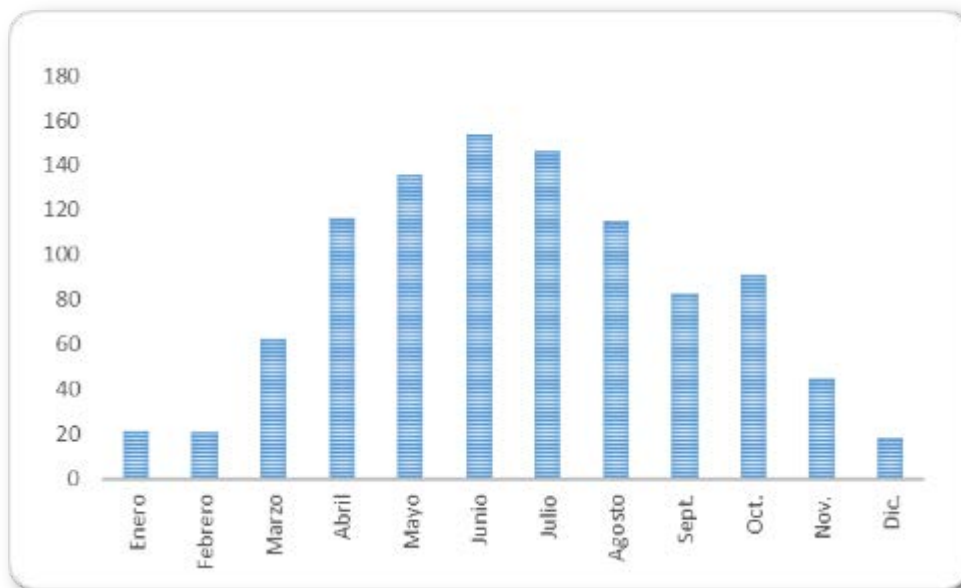
mensual multianual más alto (153,65 mm). El tiempo seco se registra entre los meses de noviembre a febrero (Figura 4.2).

**Tabla 4. 1. Estaciones localizadas en los municipios con jurisdicción en CORPOCHIVOR.**

No.	Municipio	Código de la estación	Nombre de la estación	Tipo de estación	Subcuenca	Años de registro
1	Chinavita	3507007	Chinavita	Pluviométrica	Garagoa	1955-2012
2	Garagoa	3507008	Garagoa	Pluviométrica	Garagoa	1959-2012
3	Pachavita	3507021	Pachavita	Pluviométrica	Garagoa	1976-2012
4	Valle Grande	3507055	Tenza	Pluviográfica	Garagoa	1984-2012
5	Sutatenza	3507502	Sutatenza	Climatológica principal	Garagoa	1969-2012
6	Nuevo Colón	3507501	Nuevo Colón	Climatológica ordinaria	Turmequé	1965-2012
7	Ventaquemada	3507002	Ventaquemada	Pluviométrica	Turmequé	1956-2012
8	Úmbita	3507005	Úmbita	Pluviométrica	El Bosque	1956-2012
9	Tibaná	3507004	Tibaná	Pluviométrica	Tibaná	1958-2012
10	La Capilla	80094	La Capilla	Climatológica ordinaria	La Guaya	2005-2013

Fuente: CORPOCHIVOR, 2013.

**Figura 4. 2. Distribución consolidada de la precipitación promedio multianual de la subcuenca del río Guaya.**



Fuente: CORPOCHIVOR, 2013.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-4



**ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE**



**Tabla 4. 2. Registros de precipitación media mensual multianual (mm).**

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Chinavita	20,70	36,89	66,92	131,81	185,26	210,49	223,43	193,17	141,84	139,38	115,02	48,03	1.508,43
Garagoa	21,20	32,00	68,00	136,00	200,60	210,10	220,10	192,80	139,30	121,40	101,10	43,50	1.473,60
Pachavita	17,17	35,85	71,92	138,14	183,97	209,67	198,09	189,32	133,15	127,14	94,79	37,06	1.406,37
Valle Grande	18,67	27,28	58,79	115,67	184,05	200,18	208,30	161,83	118,88	102,21	86,58	31,23	1.278,88
Sutatenza	17,41	30,11	52,80	117,69	165,04	179,29	173,76	142,05	103,47	98,61	70,05	29,17	1.124,39
<b>Promedios subcuenca río Garagoa</b>	<b>18,59</b>	<b>30,33</b>	<b>59,21</b>	<b>117,69</b>	<b>156,93</b>	<b>169,93</b>	<b>173,93</b>	<b>150,44</b>	<b>111,99</b>	<b>112,60</b>	<b>89,28</b>	<b>36,71</b>	<b>1.203,37</b>
Nuevo Colón	17,92	27,87	51,53	89,86	106,00	115,22	121,23	99,87	77,40	98,26	72,16	33,46	907,78
Ventaquemada	23,68	32,66	63,62	122,10	120,48	126,74	132,44	118,32	90,66	116,21	95,77	42,19	1.030,76
<b>Promedios subcuenca río Turmequé</b>	<b>20,80</b>	<b>30,27</b>	<b>57,58</b>	<b>105,98</b>	<b>113,24</b>	<b>120,98</b>	<b>126,84</b>	<b>109,10</b>	<b>84,03</b>	<b>107,24</b>	<b>83,97</b>	<b>37,83</b>	<b>969,27</b>
<b>Umbita – Subcuenca río El Bosque</b>	<b>13,11</b>	<b>24,61</b>	<b>50,40</b>	<b>106,91</b>	<b>124,09</b>	<b>128,45</b>	<b>134,99</b>	<b>119,73</b>	<b>90,30</b>	<b>93,17</b>	<b>76,90</b>	<b>30,89</b>	<b>984,53</b>
<b>Tibaná – Subcuenca río Tibaná</b>	<b>17,49</b>	<b>25,72</b>	<b>48,89</b>	<b>101,05</b>	<b>142,85</b>	<b>149,23</b>	<b>153,01</b>	<b>136,83</b>	<b>112,87</b>	<b>117,02</b>	<b>91,17</b>	<b>34,87</b>	<b>1.115,63</b>
<b>La Capilla – Subcuenca río Guaya</b>	<b>21,63</b>	<b>21,15</b>	<b>62,61</b>	<b>116,55</b>	<b>136,14</b>	<b>153,65</b>	<b>146,25</b>	<b>115,58</b>	<b>82,80</b>	<b>91,04</b>	<b>45,02</b>	<b>18,89</b>	<b>1.011,31</b>
<b>Promedio</b>	<b>18,90</b>	<b>29,41</b>	<b>59,55</b>	<b>117,58</b>	<b>154,85</b>	<b>168,30</b>	<b>171,16</b>	<b>146,95</b>	<b>109,07</b>	<b>110,44</b>	<b>84,86</b>	<b>34,93</b>	<b>1.205,99</b>

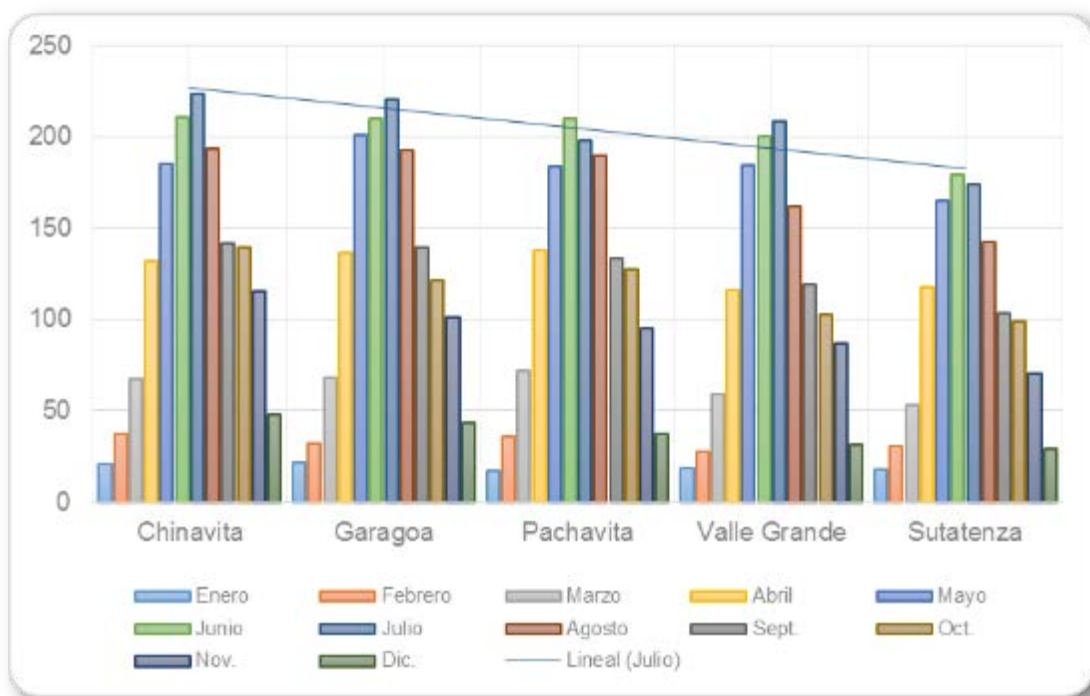
Fuente: CORPOCHIVOR, 2013.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-5



- **Subcuenca del río Garagoa.** Teniendo en cuenta los registros de las estaciones de Chinavita, Garagoa, Pachavita, Valle Grande y Sutatenza, el promedio de precipitación en la subcuenca es de 1.203,4 mm al año, presentando un régimen monomodal con mayores valores de precipitación entre los meses de mayo a agosto, siendo este último mes el que registra el valor medio mensual multianual más alto (849 mm). El tiempo seco se registra entre los meses de diciembre a marzo (Figura 4.3).

**Figura 4. 3. Distribución consolidada de la precipitación promedio multianual de la subcuenca del río Garagoa.**



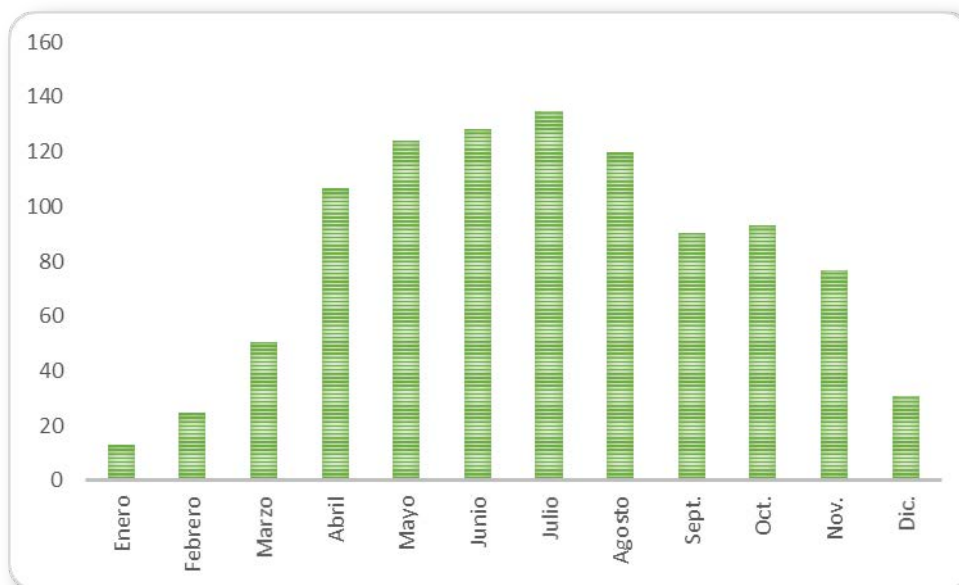
Fuente: CORPOCHIVOR, 2013.

- **Subcuenca del río El Bosque.** Teniendo en cuenta los registros de la estación Úmbita, el promedio de precipitación en la subcuenca es de 984,53 mm al año, presentando un régimen monomodal con mayores valores de precipitación entre los meses de abril a agosto, siendo el mes de julio el que registra el valor medio mensual multianual más alto (134,99 mm). El tiempo seco se registra entre los meses de diciembre a marzo (Figura 4.4).

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-6



**Figura 4. 4. Distribución consolidada de la precipitación promedio multianual de la subcuenca del río El Bosque.**



Fuente: CORPOCHIVOR, 2013.

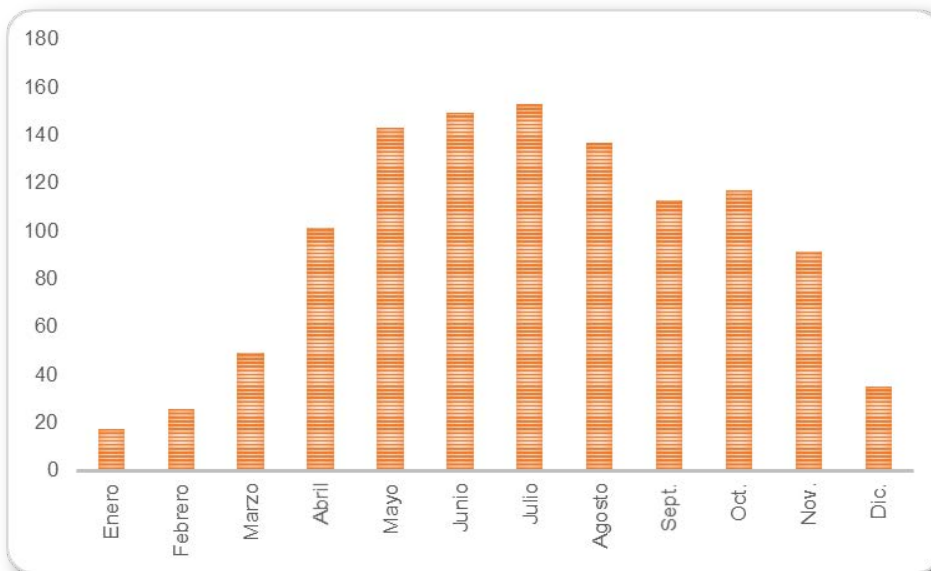
- **Subcuenca del río Tibaná.** Teniendo en cuenta los registros de la estación Tibaná, el promedio de precipitación en la subcuenca es de 1.115,63 mm al año, presentando un régimen monomodal con mayores valores de precipitación entre los meses de abril a agosto, siendo el mes de julio el que registra el valor medio mensual multianual más alto (153,01 mm). El tiempo seco se registra entre los meses de diciembre a marzo (Figura 4.5).
- **Subcuenca del río Turmequé.** Teniendo en cuenta los registros de las estaciones Ventaquemada y Nuevo Colón, el promedio de precipitación en la subcuenca es de 969,27 mm al año, presentando un régimen monomodal con mayores valores de precipitación entre los meses de abril a agosto, siendo el mes de julio el que registra el valor medio mensual multianual más alto (126,84 mm). El tiempo seco se registra entre los meses de diciembre a marzo (Figura 4.6).

La información expuesta anteriormente, fue contrastada con la información de isoyetas del POMCA del río Garagoa, manteniendo los registros, la distribución espacial que se presenta en la Figura 4.7.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

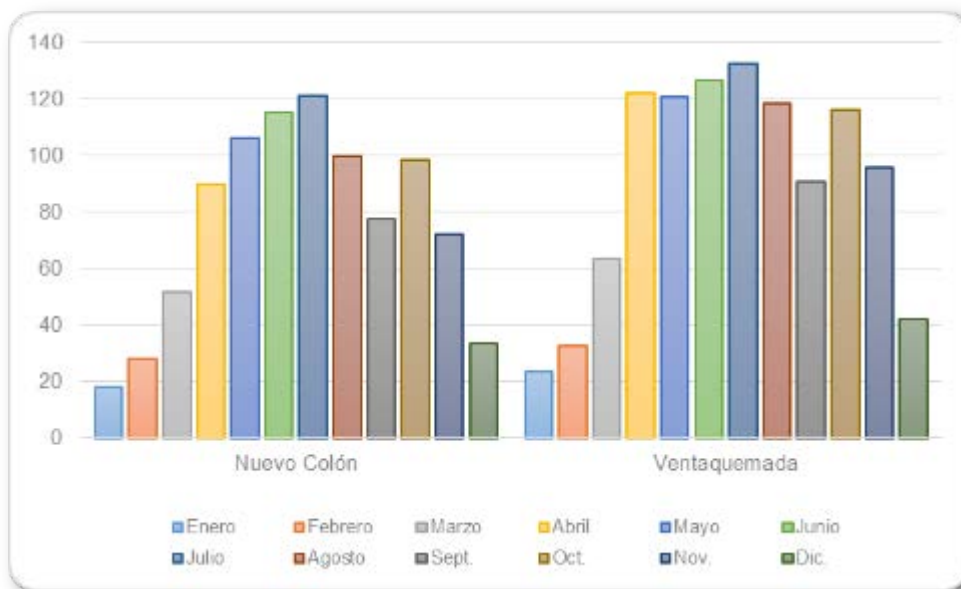


**Figura 4. 5. Distribución consolidada de la precipitación promedio multianual de la subcuenca del río Tibaná.**



Fuente: CORPOCHIVOR, 2013.

**Figura 4. 6. Distribución consolidada de la precipitación promedio multianual de la subcuenca del río Turmequé.**

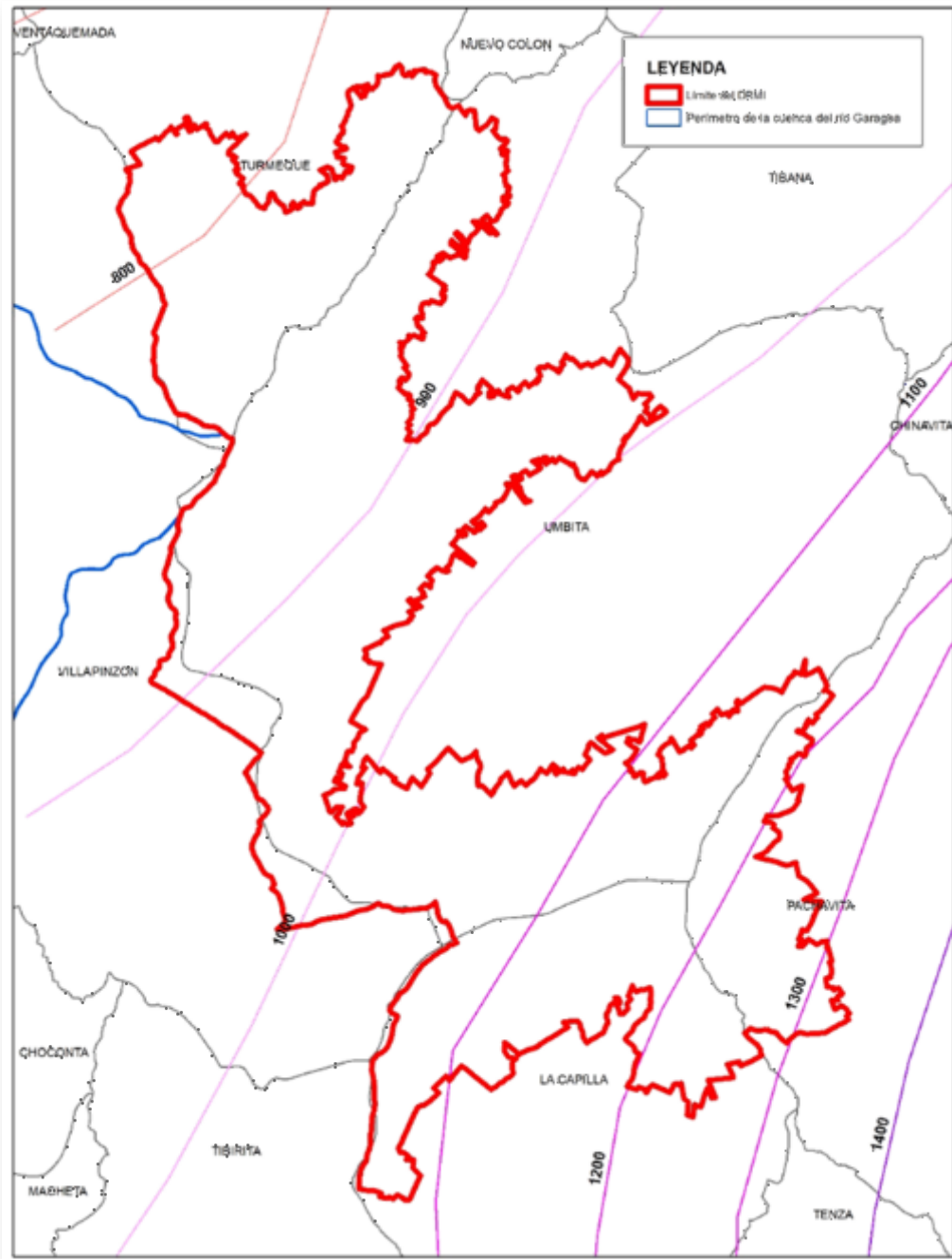


Fuente: CORPOCHIVOR, 2013.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



Figura 4. 7. Mapa de isoyetas para el DRMI.



**Fuente:** Generado a partir de la información del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



En el área del DRMI se pueden destacar dos zonas de comportamiento espacial de las lluvias, a saber:

- **Parte baja del DRMI:** registra precipitaciones que oscilan entre los 1.000 a 1.400 mm. Esta zona se encuentra asociada a los municipios de Pachavita, La Capilla y la parte baja de Úmbita.
- **Parte alta del DRMI,** asociada a la parte alta del municipio de Úmbita y el municipio de Turmequé, presenta los índices más bajos de precipitación, con valores promedios anuales, menores a los 1.000 mm.

El comportamiento de la precipitación permite ver que en el área del DRMI se presenta un régimen característico de la parte localizada en el área de influencia de los efectos orográficos de la Cordillera Oriental sobre la ZCIT. Presenta un régimen monomodal con un periodo de lluvia que se extiende desde abril hasta octubre. Los meses más lluviosos son junio y julio los cuales, en conjunto, representan el 26% de la precipitación total anual. Los meses más secos son diciembre, enero y febrero, los cuales representan hasta 6% del total anual de precipitación.

#### ♦ Temperatura

Para el análisis de la temperatura en el área del DRMI se tuvieron en cuenta los registros de la estación Chinavita, ubicada a 1.900 msnm, datos a partir de los cuales se calcularon los registros para el área de estudio, mediante el sistema o metodología del gradiente vertical de temperatura (GVC), el cual consiste en aumentar o disminuir la temperatura en 0,625 °C por cada 100 metros de diferencia de altura (Tabla 4.3).

Tabla 4. 3. Cálculo de la temperatura por el método GVC.

Cálculo de temperatura método GVC		Temperatura (°C)											
Sitio	Altitud (msnm)	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Estación Chinavita	1.900	19,42	19,89	19,69	19,70	19,52	18,97	18,73	18,83	18,54	19,25	19,97	19,74
DRMI	2.150	17,9	18,3	18,1	18,1	18,0	17,4	17,2	17,3	17,0	17,7	18,4	18,2
	3.450	9,73	10,20	10,00	10,01	9,83	9,28	9,04	9,14	8,85	9,56	10,28	10,05
S. Guaya	1.350	21,60	21,70	21,90	21,90	21,40	19,80	19,80	20,10	20,60	21,20	21,60	21,40
	3.150	19,25	19,35	19,55	19,55	19,05	17,45	17,45	17,75	18,25	18,85	19,25	19,05
S. Garagoa	1.300	28,24	28,34	28,54	28,54	28,04	26,44	26,44	26,74	27,24	27,84	28,24	28,04
	3.450	15,28	15,38	15,58	15,58	15,08	13,48	13,48	13,78	14,28	14,88	15,28	15,08
S. Bosque	1.850	24,49	24,59	24,79	24,79	24,29	22,69	22,69	22,99	23,49	24,09	24,49	24,29
	3.400	15,59	15,69	15,89	15,89	15,39	13,79	13,79	14,09	14,59	15,19	15,59	15,39

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-10

Calculo de temperatura método GVC		Temperatura (°C)											
		En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Sitio	Altitud (msnm)												
S. Tibaná	1.650	24,49	24,59	24,79	24,79	24,29	22,69	22,69	22,99	23,49	24,09	24,49	24,29
	3.200	16,84	16,94	17,14	17,14	16,64	15,04	15,04	15,34	15,84	16,44	16,84	16,64
S. Turmequé	1.950	24,18	24,28	24,48	24,48	23,98	22,38	22,38	22,68	23,18	23,78	24,18	23,98
	3.450	15,28	15,38	15,58	15,58	15,08	13,48	13,48	13,78	14,28	14,88	15,28	15,08

Fuente: Calculado con base en la información CORPOCHIVOR, 2013.

De acuerdo a la información de CORPOCHIVOR (2013), la temperatura media en el DRMI oscila entre 8,9 y 18,4°C siendo los meses de marzo y abril los que presentan los valores más altos y los meses de junio y julio, los de menor temperatura media.

A continuación se presenta la información de temperatura para cada una de las subcuencas asociados al DRMI.

- **Subcuenca del río Guaya.** La temperatura media para la subcuenca es de 19,9°C, oscilando entre los 17,5 y los 21,9°C.
- **Subcuenca del río Garagoa.** La temperatura media para la subcuenca es de 21,2°C, oscilando entre los 14,8 y los 28,5°C.
- **Subcuenca del río El Bosque.** La temperatura media para la subcuenca es de 19,5°C, oscilando entre los 15,1 y los 24,8°C.
- **Subcuenca del río Tibaná.** La temperatura media para la subcuenca es de 20,1°C, oscilando entre los 16,3 y los 24,8°C.
- **Subcuenca del río Turmequé.** La temperatura media para la subcuenca es de 19,2°C, oscilando entre los 14,8 y los 24,5°C.

Con ésta aproximación, y con los datos resultantes se realizaron los cálculos de la evapotranspiración potencial.

#### ♦ Zonas de condensación

El Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la cuenca del río Garagoa, dividió la jurisdicción de CORPOCHIVOR en 17 subcuencas, en las cuales a través del SIG se procesó información de precipitación, velocidad del viento, red hídrica, curvas de nivel, cobertura de bosques y las relaciones de la precipitación con respecto a la altura, para con ella definir las zonas de condensación de la Cuenca.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-11



En la mayoría de los sitios la precipitación se comporta siguiendo un patrón muy definido, aunque con diferencias condicionadas principalmente por la orografía, permitiendo definir tres zonas o cinturones de condensación a saber:

- Cinturón I de condensación se encuentra entre los 900 y los 1.500 m.
- Cinturón II de condensación se encuentra entre los 1.800 y los 2.500 m.
- Cinturón III de condensación se encuentra entre los 2.900 y los 3.500 m.

En el área del DRMI se definieron las siguientes zonas de condensación (Figura 4.8):

- **Cinturón II de condensación.** Las masas de aire suben por la ladera hasta encontrar su nivel de condensación en alturas medias, en este momento descargan su humedad y consecuentemente va disminuyendo el volumen de lluvia; se considera como precipitaciones de moderada intensidad.

Este cinturón se encuentra localizado hacia la zona sur del DRMI en el área que ocupa el páramo de Cristales, donde se tienen precipitaciones entre 1.000 y 1.300 mm anuales y donde nacen los afluentes que dan origen a los ríos Guaya y Garagoa, y a las quebradas Caibo y La Colorada, afluentes del río Bosque.

- **Cinturón III de condensación.** En estas zonas las gotas microscópicas de agua se encuentran suspendidas en la atmósfera formando bosques de niebla. Estas precipitaciones proporcionan significativas cantidades de agua, las cuales se pueden observar en la densidad de la red de drenaje de algunas microcuencas.

Este cinturón se encuentra localizado hacia la zona media y norte del DRMI en el área que ocupa el páramo de Castillejo o Guachaneque, donde se tienen precipitaciones entre 700 y 1.000 mm anuales y donde nacen los afluentes del río Bosque, Turmequé y Tibaná.

#### ♦ Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial se define como la pérdida de humedad de un terreno totalmente cubierto de vegetación o cultivo verde de poca altura, por evaporación en el suelo y por transpiración de las plantas sin que exista limitación de agua.

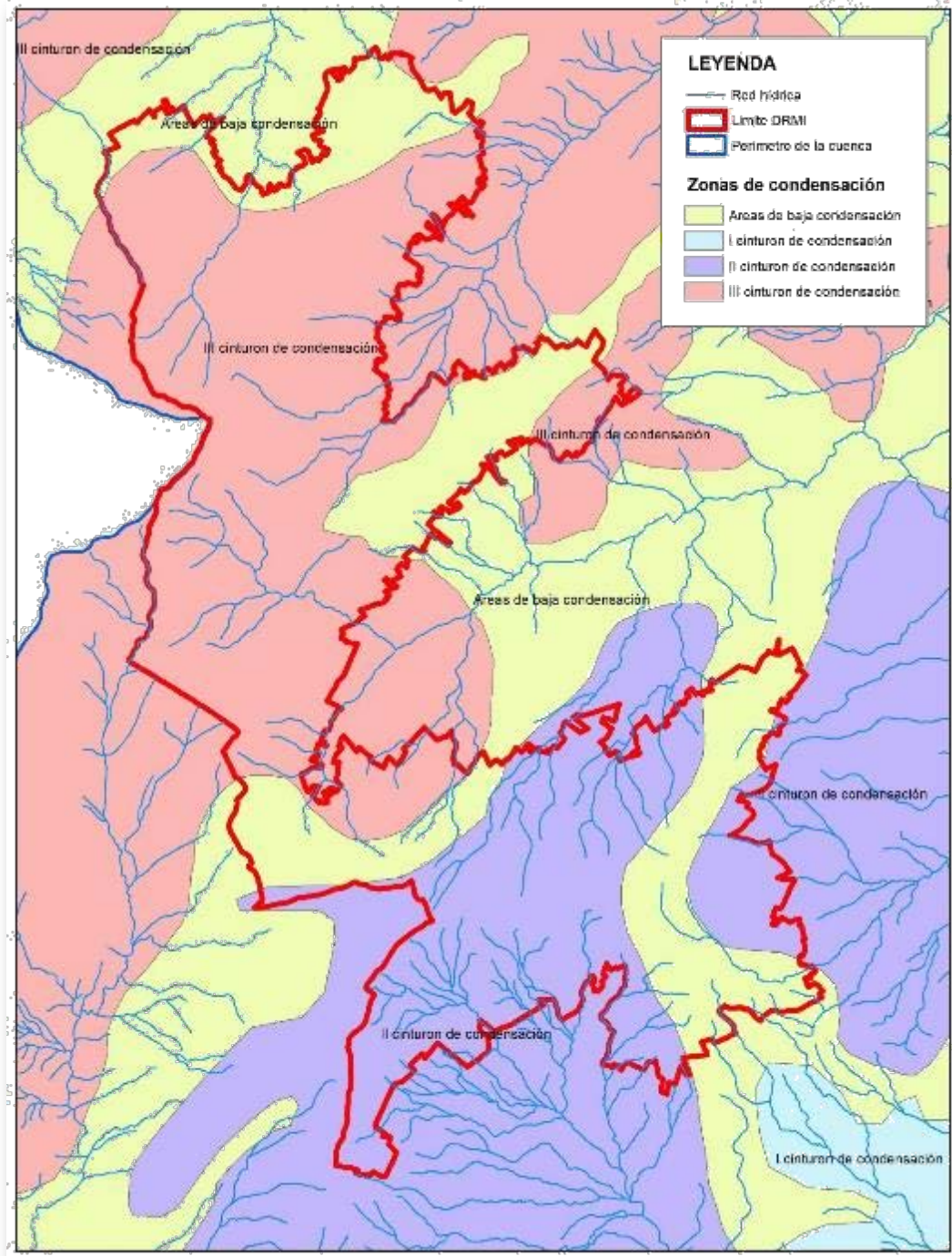
Para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) se siguió la metodología propuesta por Thornthwaite y que está definida en función de la temperatura, desde el punto de vista energético, particularmente de la insolación, mediante la siguiente fórmula:

$$ETP \text{ (mm/mes)} = 16 (10 t/\Sigma i)^a$$

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-12



Figura 4. 8. Zonas de condensación.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	
			Página:	4-13



**ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE**



**Fuente:** CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004. Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa.

Donde:

t: Temperatura media del mes considerado, expresada en ° C.

K: Coeficiente de corrección dependiente de la duración del día. (Para el DRMI se trabajó con el K mensual utilizado para el Estudio Regional Integrado del Altiplano Cundiboyacense)<sup>1</sup> (Tabla 4.4).

**Tabla 4. 4. Coeficiente de corrección.**

Meses	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
K	1,02	0,93	1,03	1,02	1,06	1,03	1,06	1,05	1,01	1,03	0,99	1,02

**Fuente:** IGAC-ORSTOM. 1984. Estudio Regional Integrado del Altiplano Cundiboyacense.

I: Índice dependiente de las temperaturas mensuales y su distribución a lo largo del Año. Este índice es la suma de los índices mensuales calculados a partir de la fórmula:

$$i = (t/5)^{1,514}$$

a: Coeficiente definido por la fórmula:

$$a = 657 \times 10^{-9} \times I^3 - 771 \times 10^{-7} \times I^2 + 179 \times 10^{-4} \times I + 0,492.$$

De ésta manera la ETP calculada para DRMI se presenta en la Tabla 4.5.

**Tabla 4. 5. Evapotranspiración calculada para el DRMI (por la fórmula de Thornthwaite)**

MES	°C	i	a	ETP
Enero	13,8	4,6483420	0,388424	22,80
Febrero	14,3	4,8902029	0,388424	23,10
Marzo	14,1	4,7867746	0,388424	22,98
Abril	14,1	4,7919281	0,388424	22,98
Mayo	13,9	4,6994525	0,388424	22,87
Junio	13,3	4,4207071	0,388424	22,51
Julio	13,1	4,3008973	0,388424	22,35
Agosto	13,2	4,3506822	0,388424	22,42
Septiembre	12,9	4,2068435	0,388424	22,23
Octubre	13,6	4,5618909	0,388424	22,69

<sup>1</sup> IGAC-ORSTOM. 1984. Estudio Regional Integrado del Altiplano Cundiboyacense. p 219. Bogotá.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-14



MES	°C	i	a	ETP
Noviembre	14,3	4,9317840	0,388424	23,15
Diciembre	14,1	4,8125612	0,388424	23,01
<b>TOTAL</b>		<b>55,4020662</b>		<b>273,10</b>

**Fuente:** Calculado con base en la información CORPOCHIVOR, 2013.

La evapotranspiración potencial EPT muestra valores que oscilan entre 5,12 y 5,9 mm mensuales; presentándose el valor más bajo en el mes de septiembre y el valor más alto en el mes de mayo.

#### ◆ Balance hídrico

El cálculo del balance hídrico se realizó combinando la precipitación mensual y la EPT mensual con el objeto de definir el déficit de humedad se presenta en las temporadas secas.

Para el establecimiento del balance hídrico se calculó según el esquema propuesto por Thornthwaite en el cual:

- Si la Precipitación es mayor a la ETP va a existir agua sobrante y pueden existir excesos de agua.
- Si la Precipitación es igual a la EPT entonces hay un equilibrio y el agua lluvia sirve para satisfacer toda la evapotranspiración.
- Si la precipitación es menor que la EPT, las plantas utilizan el agua almacenada en el suelo para evapotranspirar, existiendo un déficit hídrico.

Teniendo en cuenta los promedios de las precipitaciones determinados en la Tabla 4.2, al igual que la EPT del área de estudio (Tabla 4.5), se calcularon los valores que se presentan en la Tabla 4.6.

De la anterior información se puede observar para el DRMI, que la precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante once de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de diciembre, enero y febrero, coincidiendo con la temporada seca (Figura 4.9).

Se supone entonces que el agua va a recargar la reserva útil del suelo en los meses restantes hasta que alcanza su valor máximo en el mes de julio; durante ésta temporada, el agua sobrante alimenta las corrientes hídricas, aunque por tratarse de pendientes fuertes parte del agua lluvia escurre superficialmente cuando las precipitaciones son fuertes.

Similar situación se presenta en las subcuencas asociadas al DRMI, denotándose:

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-15



**ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE**



**Tabla 4. 6. Balance hídrico de las subcuencas asociadas al DRMI.**

Área		En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>DRMI</b>	P	<b>18,9</b>	<b>29,41</b>	<b>59,55</b>	<b>117,58</b>	<b>154,85</b>	<b>168,3</b>	<b>171,16</b>	<b>146,95</b>	<b>109,07</b>	<b>110,44</b>	<b>84,86</b>	<b>34,93</b>
	ETP	22,81	23,10	22,97	22,98	22,87	22,51	22,35	22,42	22,23	22,69	23,15	23,01
	BH	- 3,91	6,31	36,58	94,60	131,98	145,79	148,81	124,53	86,84	87,75	61,71	11,92
<b>Subcuenca del río Guaya</b>	P	<b>21,63</b>	<b>21,15</b>	<b>62,61</b>	<b>116,55</b>	<b>136,14</b>	<b>153,65</b>	<b>146,25</b>	<b>115,58</b>	<b>82,8</b>	<b>91,04</b>	<b>45,02</b>	<b>18,89</b>
	ETP	22,06	22,28	22,18	22,19	22,10	21,84	21,72	21,77	21,63	21,97	22,32	22,21
	BH	- 0,43	- 1,13	40,43	94,36	114,04	131,81	124,53	93,81	61,17	69,07	22,70	- 3,32
<b>Subcuenca del río Garagoa</b>	P	<b>18,59</b>	<b>30,33</b>	<b>59,21</b>	<b>117,69</b>	<b>156,93</b>	<b>169,93</b>	<b>173,93</b>	<b>150,44</b>	<b>111,99</b>	<b>112,6</b>	<b>89,28</b>	<b>36,71</b>
	ETP	21,54	21,76	21,67	21,67	21,59	21,33	21,21	21,26	21,12	21,46	21,80	21,69
	BH	- 2,95	8,57	37,54	96,02	135,34	148,60	152,72	129,18	90,87	91,14	67,48	15,02
<b>Subcuenca del río El Bosque</b>	P	<b>13,11</b>	<b>24,61</b>	<b>50,4</b>	<b>106,91</b>	<b>124,09</b>	<b>128,45</b>	<b>134,99</b>	<b>119,73</b>	<b>90,3</b>	<b>93,17</b>	<b>76,9</b>	<b>30,89</b>
	ETP	22,18	22,44	22,33	22,33	22,24	21,93	21,79	21,85	21,68	22,09	22,49	22,36
	BH	- 9,07	2,17	28,07	84,58	101,85	106,52	113,20	97,88	68,62	71,08	54,41	8,53
<b>Subcuenca del río Tibaná</b>	P	<b>17,49</b>	<b>25,72</b>	<b>48,89</b>	<b>101,05</b>	<b>142,85</b>	<b>149,23</b>	<b>153,01</b>	<b>136,83</b>	<b>112,87</b>	<b>117,02</b>	<b>91,17</b>	<b>34,87</b>
	ETP	21,65	21,87	21,77	21,78	21,69	21,42	21,30	21,35	21,21	21,56	21,91	21,80
	BH	- 4,16	3,85	27,12	79,27	121,16	127,81	131,71	115,48	91,66	95,46	69,26	13,07
<b>Subcuenca del río Turmequé</b>	P	<b>20,8</b>	<b>30,27</b>	<b>57,58</b>	<b>105,98</b>	<b>113,24</b>	<b>120,98</b>	<b>126,84</b>	<b>109,1</b>	<b>84,03</b>	<b>107,24</b>	<b>83,97</b>	<b>37,83</b>
	ETP	22,43	22,71	22,59	22,59	22,49	22,16	22,02	22,08	21,90	22,33	22,75	22,62
	BH	- 1,63	7,56	34,99	83,39	90,75	98,82	104,82	87,02	62,13	84,91	61,22	15,21

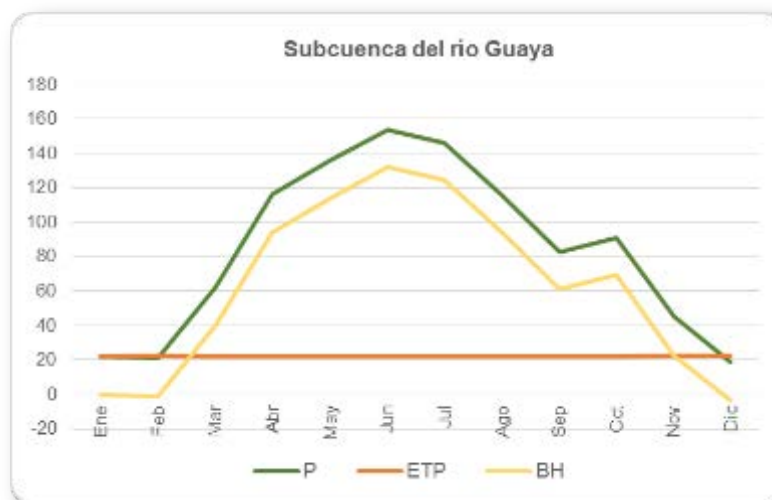
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-16

Figura 4. 9. Balance hídrico para el DRMI.



- **Subcuenca del río Guaya:** La precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante nueve de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero (Figura 4.10).

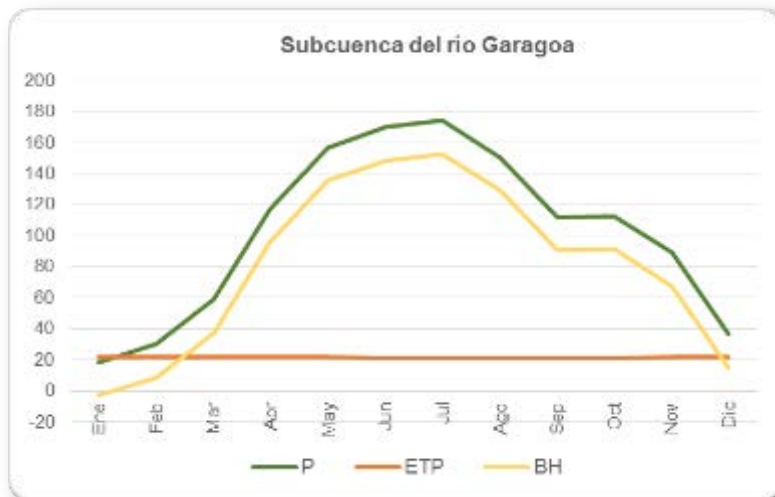
Figura 4. 10. Balance hídrico para la subcuenca del río Guaya.



- **Subcuenca del río Garagoa:** La precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante once de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 4.11).

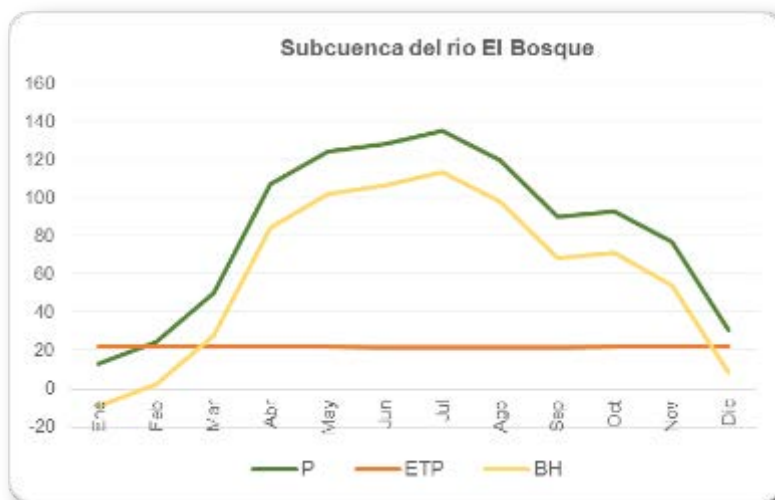
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Figura 4. 11. Balance hídrico para la subcuenca del río Garagoa.



- **Subcuenca del río El Bosque:** La precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante diez de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 4.12).

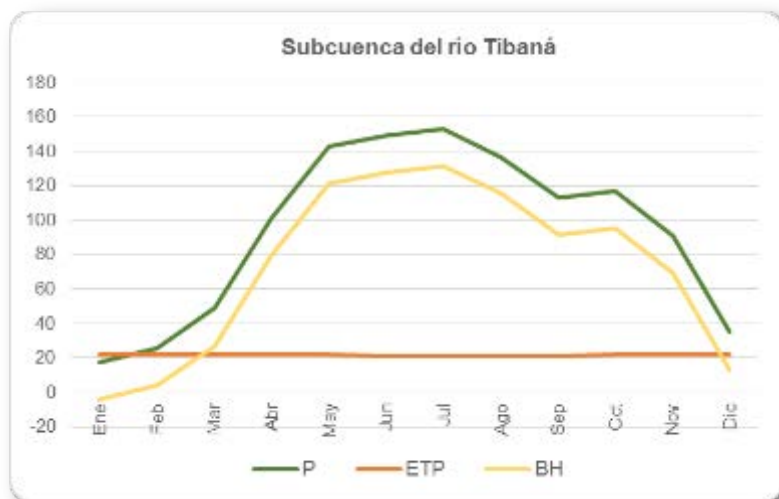
Figura 4. 12. Balance hídrico para la subcuenca del río El Bosque.



- **Subcuenca del río Tibaná:** La precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante once de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 4.13).

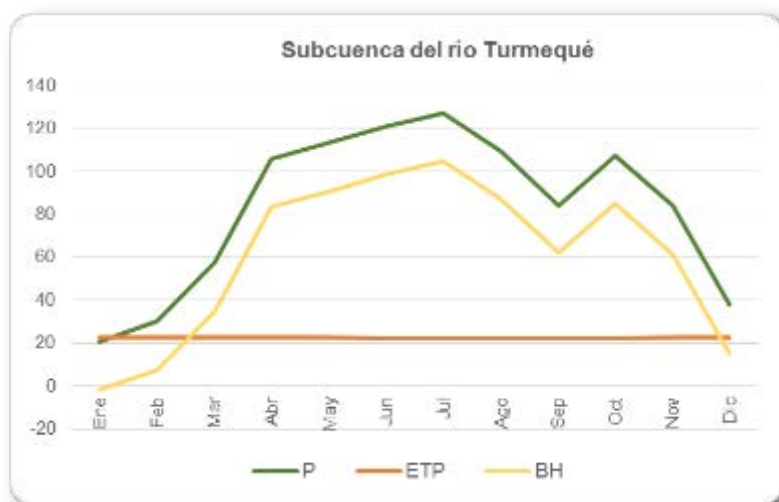
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Figura 4. 13. Balance hídrico para la subcuenca del río Tibaná.



- **Subcuenca del río Turmequé:** La precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante once de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 4.14).

Figura 4. 14. Balance hídrico para la subcuenca del río Turmequé.



En éste orden de ideas, la situación encontrada es de un ecosistema de gran importancia en la regulación del recurso hídrico, ya que tiene once meses para su almacenamiento, la época de déficit se debe manejar con el mantenimiento del macizo, ya que de seguir el avance de las actividades antrópicas, el desequilibrio puede aumentar, ya que se perdería

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



la cobertura vegetal existente que permite su almacenamiento y regulación de caudales (CORPOCHIVOR *et al.*, 2009).

#### ♦ Zonificación climática

Basados en el estudio Conservación y Manejo Sostenible de los Páramos Cristales, Castillejo, Cuchilla El Choque y nacimiento río Bogotá<sup>2</sup> y el estudio CORPOCHIVOR *et al.*, 2009, se realiza la zonificación climática para el DRMI, en la cual se definen tres unidades climáticas (Figura 4.15 y Mapa 4 del Anexo cartográfico).

El detalle de las unidades topoclimáticas definidas para el área del DRMI se presenta en la Tabla 4.7 y la información que sirvió de base para los respectivos análisis, en el Anexo 7.

**Tabla 4.7. Discriminado de las unidades topoclimáticas en el área del DRMI.**

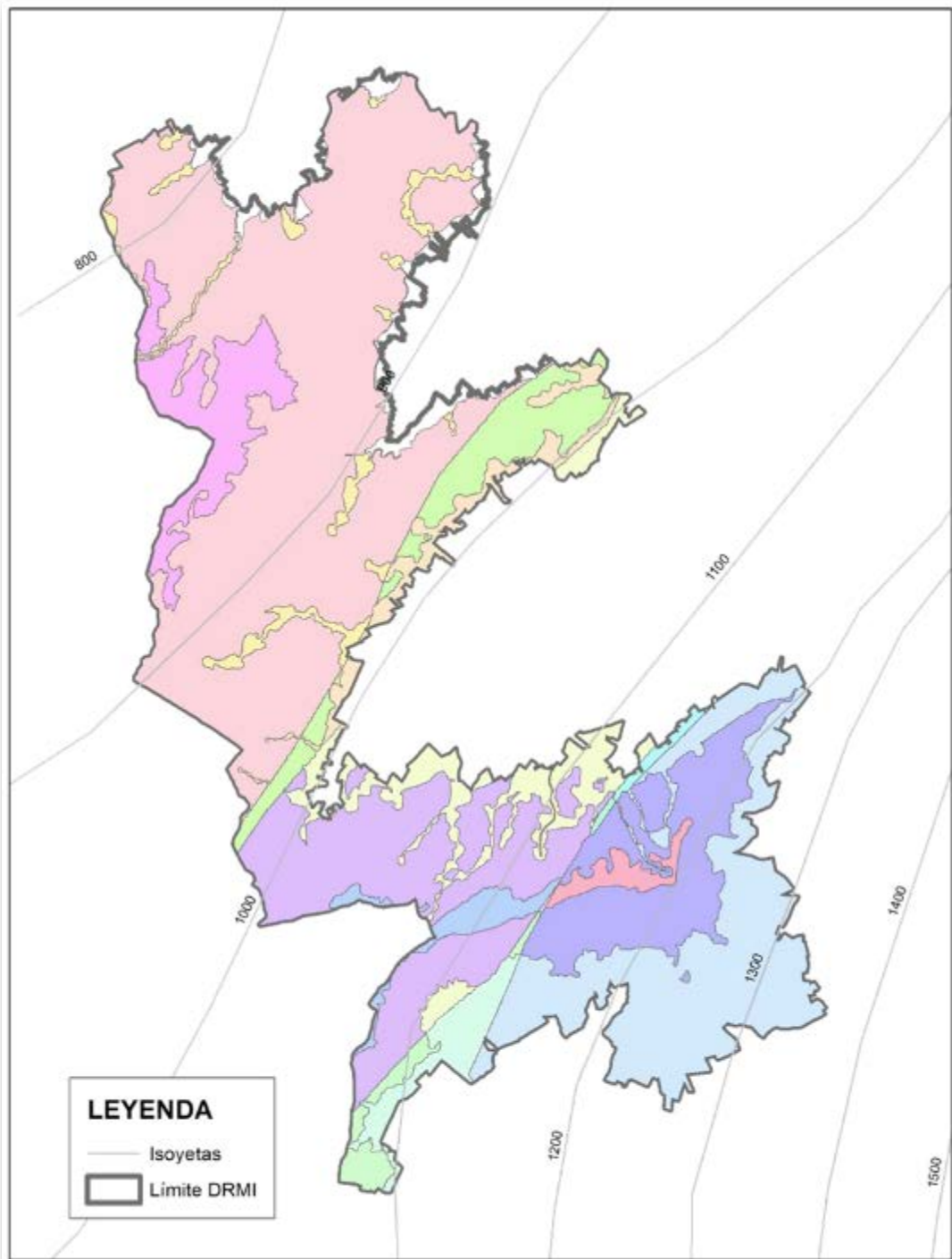
	Zona de vida	Precipitación (mm)	Clima	Área (ha)	%
<b>A</b>	Zona Subpáramo (páramo bajo)	800-1.000	ligeramente húmedo	572,78	4,95
	Zona Andina (alta)		ligeramente húmedo	4.791,38	41,40
			moderadamente húmedo	496,46	4,29
			ligeramente húmedo	264,80	2,29
			moderadamente húmedo	235,46	2,03
Zona Andina (baja-media)					
<b>B</b>	Zona Subpáramo (páramo bajo)	1.000-1.200	moderadamente húmedo	156,74	1,35
	Zona Andina (alta)		húmedo	2,65	0,02
			húmedo	136,22	1,18
			húmedo	239,62	2,07
			Zona Subandina	moderadamente húmedo	4,48
<b>C</b>	Zona Subpáramo (páramo bajo)	1.200-1.400	húmedo	116,14	1,00
	Zona Andina (alta)		muy húmedo	1.483,06	12,81
			moderadamente húmedo	9,23	0,08
			húmedo	921,26	7,96
			superhúmedo	542,78	4,69
			moderadamente húmedo	37,58	0,32
			húmedo	1.562,81	13,50
<b>Total DRMI</b>				<b>11.573,45</b>	<b>100,00</b>

<sup>2</sup> CORPOCHIVOR y CAR en conjunto con MINAMBIENTE, en el marco del Convenio Interadministrativo FONADE – CAR, en calidad de coordinador (2002). Conservación y Manejo Sostenible de los Páramos Cristales, Castillejo, Cuchilla El Choque y nacimiento río Bogotá.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



Figura 4. 15. Unidades topoclimáticas presentes en el DRMI.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-21



**LEYENDA**

**Unidades topoclimáticas**

<b>A</b>		Zona Subpáramo (páramo bajo) con Precipitación entre 800-1000 mm; Clima ligeramente húmedo
		Zona Andina (alta) con Precipitación entre 800-1000 mm; Clima ligeramente húmedo
		Zona Andina (alta) con Precipitación entre 800-1000 mm; Clima moderadamente húmedo
		Zona Andina (baja-media) con Precipitación entre 800-1000 mm; Clima ligeramente húmedo
		Zona Andina (baja-media) con Precipitación entre 800-1000 mm; Clima moderadamente húmedo
<b>B</b>		Zona Subpáramo (páramo bajo) con Precipitación entre 1000-1200 mm; Clima moderadamente húmedo
		Zona Subpáramo (páramo bajo) con Precipitación entre 1000-1200 mm; Clima húmedo
		Zona Andina (alta) con Precipitación entre 1000-1200 mm; Clima húmedo
		Zona Andina (baja-media) con Precipitación entre 1000-1200 mm; Clima húmedo
		Zona Subandina con Precipitación entre 1000-1200 mm; Clima moderadamente húmedo
<b>C</b>		Zona Subpáramo (páramo bajo) con Precipitación entre 1200-1400 mm; Clima húmedo
		Zona Subpáramo (páramo bajo) con Precipitación entre 1200-1400 mm; Clima muy húmedo
		Zona Andina (alta) con Precipitación entre 1200-1400 mm; Clima moderadamente húmedo
		Zona Andina (alta) con Precipitación entre 1200-1400 mm; Clima húmedo
		Zona Andina (alta) con Precipitación entre 1200-1400 mm; Clima superhúmedo
		Zona Andina (baja-media) con Precipitación entre 1200-1400 mm; Clima moderadamente húmedo
		Zona Andina (baja-media) con Precipitación entre 1200-1400 mm; Clima húmedo

**Fuente:** Modificado de CORPOCHIVOR y CAR en conjunto con MINAMBIENTE, en el marco del Convenio Interadministrativo FONADE – CAR, en calidad de coordinador (2002). Conservación y Manejo Sostenible de los Páramos Cristales, Castillejo, Cuchilla El Choque y nacimiento río Bogotá.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-22



\* **Unidad topoclimática A**

Se caracteriza por presentar montos de precipitación entre 800-1.000 mm. Su análisis incluyó los registros de ocho estaciones localizadas en los municipios de Chocontá (5), Turmequé (1), Úmbita (1) y Machetá (1) (Anexo 7), que abarcan tres regiones de vida que corresponden a Andina (baja-media), Alto Andina y Subpáramo, al incluir el factor de humedad se diferenciaron climas ligeramente húmedo y moderadamente húmedo. Presenta temperaturas mesotermiales y baja concentración de calor.

En el área del DRMI esta unidad ocupa 6.360,88 ha que corresponden al 54,96% del total de su extensión. Se localiza en jurisdicción de los municipios de Úmbita y Turmequé, sector norte del DRMI, en el área de influencia del páramo de Castillejo o Guachaneque.

\* **Unidad topoclimática B**

Se caracteriza por presentar montos de precipitación entre 1.000-1.200 mm. Incluye dos estaciones, localizadas en los municipios de Machetá y Tibirita. Abarcan cuatro regiones de vida que corresponden a Subandina, Andina (baja-media), Alto Andina y Subpáramo; se diferenciaron climas moderadamente húmedos y húmedos con el factor de humedad. Como no existe estación climatológica en Tibirita se asumieron los datos de la estación Sutatenza, al ser la más cercana y al compartir las mismas regiones de vida. Presenta temperaturas mesotermiales y baja concentración de calor.

En el área del DRMI esta unidad ocupa 539,71 ha que corresponden al 4,66% del total de su extensión. Se localiza en jurisdicción de los municipios de Úmbita y La Capilla, sector suroccidental del DRMI, en el área de influencia del páramo de Cristales.

\* **Unidad topoclimática C**

Se caracteriza por presentar montos de precipitación entre 1.200 y 1.400 mm. Incluye solamente la estación Valle Grande del municipio de Tenza del municipio de La Capilla (Anexo 7). Esta unidad abarca dos regiones de vida que corresponden a Alto Andina y Subpáramo, con factor de humedad moderadamente húmedo, húmedo, muy húmedo y superhúmedo. Presenta temperaturas mesotermiales y baja concentración de calor.

En el área del DRMI esta unidad ocupa 4.672,86 ha que corresponden al 40,38% del total de su extensión. Se localiza en jurisdicción de los municipios de Úmbita, Pachavita y La Capilla, sector suroriental del DRMI, principalmente en el área de influencia del páramo de Cristales.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



#### 4.1.1.2 Conclusiones

- El análisis de zonas de vida, precipitación y altitud, permitió diferenciar tres unidades topoclimáticas para la zona de estudio, en las cuales se pudieron diferenciar 17 subunidades, teniendo en cuenta el factor de humedad.
- Al analizar la relación entre los parámetros de altitud y precipitación se observa que las zonas ubicadas a menor altitud (hacia la vertiente oriental), presentan los valores más altos de precipitación y las ubicadas a mayor altura (hacia la vertiente occidental), menores valores. Esta relación tiene su fundamento porque las masas de aire suben por la ladera hasta alcanzar su nivel de condensación en alturas medias, donde descargan su humedad y consecuentemente luego disminuyen el volumen de lluvias en las partes altas.
- El análisis por vertientes muestra que en la parte noroccidental se presentan las zonas más secas en el área de estudio (municipios de Úmbita y Turmequé). En esta unidad se diferenció la unidad topoclimática A que corresponde a la de menor valor de precipitación (800-1.000 mm). El régimen de distribución de las lluvias sigue siendo bimodal, pero muestra una fuerte tendencia hacia la unimodalidad, fenómeno que se podría explicar debido a que en esta zona termina la influencia de La Cuchilla el Choque (3.200-3.500 m), que como barrera geográfica es la responsable directa de las condiciones particulares del clima en la parte norte, lo que permite que se homogenicen los regímenes de precipitación con respecto a las estaciones ubicadas hacia la vertiente Oriental. Los períodos de lluvias están comprendidos entre abril y agosto y octubre. El mes con mayor valor de precipitación es julio.
- Las estaciones ubicadas hacia la vertiente Oriental tanto en la zona Norte como Sur presentan una distribución de las lluvias de tipo unimodal biestacional; además se diferenciaron las unidades topoclimáticas B y C que corresponden a las de mayores montos de precipitación, y cuya distribución aumenta de occidente a oriente y de norte a sur.
- El balance hídrico y el factor de humedad muestran que hacia la vertiente oriental se presentan los tipos de clima más húmedos (húmedo, muy húmedo y superhúmedo) y, como existe una relación directa entre la precipitación y los excesos de agua, por lo general a mayor valor de precipitación mayor valor de excesos en el balance.
- Todas las zonas de condensación son importantes, por lo cual merecen un manejo adecuado y considerable atención en su tratamiento, sin embargo, las que exigen de mayor cuidado son las de la parte alta debido que dentro de estas se sitúan algunas zonas de recarga y los nacimientos de las fuentes hídricas (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-24



#### 4.1.2 Hidrografía e hidrología

La hidrología de la cuenca del río Garagoa presenta un comportamiento monomodal en respuesta a la precipitación de la zona. Los ríos presentan poca inercia respecto al régimen de precipitación, debido a la fuerte pendiente de las zonas donde se originan; esto quiere decir que el agua que se deposita sobre la cuenca inmediatamente se escurre generando arroyos torrenciales y súbitas crecientes en los ríos (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

La zona presenta muchos drenajes con fuertes escorrentías superficiales y subsuperficiales que arrastran gran cantidad de material deleznable durante las épocas de lluvias, debido a la abrupta topografía; produciendo súbitas crecientes, socavando permanentemente los taludes y lechos de los ríos (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

En esta región no se aprecia claramente un doble flujo entre los niveles freáticos y los caudales de los ríos. Los niveles freáticos alimentan a los ríos durante los períodos de estiaje, más sin embargo, durante los periodos de lluvias los ríos aumentan su caudal y no alimentan a los niveles freáticos, debido que, las zonas de recarga se sitúan en las partes altas (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

##### 4.1.2.1 Hidrología

El territorio de la cuenca del río Garagoa se caracteriza por presentar múltiples formas en la red hidrológica, parte de las vertientes de tributarios son constantes durante todo el año y en otra gran parte de ellos desaparece el agua durante los periodos de sequía, lo cual quiere decir que son inestables dependiendo de la intensidad y duración de las lluvias a lo largo del año (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

Los lechos de los ríos y quebradas en esta región se encuentran en medio de valles aluviales (algunos tramos encañonados), lo cual facilitó la construcción de algunos canales artificiales, que con el transcurrir del tiempo adquirieron forma de cauce natural (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

La longitud total del río Garagoa desde sus inicios en el río Teatinos hasta la represa del embalse La Esmeralda tiene 102,6 km y la longitud del río Súnuba (segundo tributario) desde su nacimiento con nombre desconocido hasta el embalse en las juntas tiene 53,9 km. La densidad de ríos en la cuenca es de 0,1-0,3 km/km<sup>2</sup> y las pendientes fluctúan entre amplios rangos; desde 5–190% aproximadamente (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

El relieve, el clima y la naturaleza geológica presente han permitido la generación de gran cantidad de cursos de agua de diferente magnitud, que forman una intrincada red hídrica. Las zonas de recarga en las partes altas de la Cuenca, permiten mantener un caudal en las corrientes a pesar de la ausencia de lluvias en tiempos de estiaje, hecho que se evidencia al aflorar en gran parte de la Cuenca una cantidad de nacimientos de agua de carácter casi permanente (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-25



Las zonas de páramo cumplen su función de condensadores de agua atmosférica que, pasando por las lagunas andinas de altura, participan en la recarga de acuíferos y son el origen de las corrientes de agua que al descender de manera torrentosa arrastran gran cantidad de sedimentos, a lo que se suma la desprotección de vegetación evidente en estas corrientes (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

#### ♦ Localización hidrológica del área del DRMI

El Distrito Regional de Manejo Integrado páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque se encuentra ubicado en el área hidrográfica del Orinoco, zona hidrográfica del Meta, parte oeste de la subzona hidrográfica de Chivor o cuenca del río Garagoa (Figura 4.16).

La cuenca hidrográfica del río Garagoa se localiza en el borde oriental de la cordillera Oriental y hace parte del Altiplano Cundiboyacense y de la vertiente Oriental Andina (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

La red hidrográfica de la Cuenca, está constituida por los ríos: Boyacá, Juyasía, Fusavita, Cabuco, Bosque, Guaya, Garagoa o Tibaná o Jenesano, Machetá, Aguacía, Somondoco o Súnuba; y, sus respectivos afluentes, entre los que cabe destacar las quebradas: Súnuba, Tenecua, Risata, Honda, Cuya, Ancha, Negra, Chivor, Grande, Colorada y Esmeraldas (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

En el área predominan los climas templado y frío, cuyas temperatura anuales varían entre 28°C y 10°C respectivamente, y alturas topográficas que oscilan entre los 1.000 y 3.600 msnm. La precipitación anual varía para la totalidad del área entre 800 mm al Noroeste de la Cuenca (Ventaquemada, Turmequé, Nuevo Colón), y 3.200 mm al Sureste de ésta (Chivor, Macanal, Santa María) (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004).

El río Garagoa nace al suroriente del municipio de Samacá, en el páramo de Rabanal, desde su inicio toma el nombre de río Teatinos, que por la confluencia de numerosas quebradas toma el nombre de río Boyacá al cual drenan las aguas del río Juyasía, a partir de allí se conoce como río Jenesano y más adelante río Tibaná; este se une con el río Turmequé y toma el nombre de río Garagoa. Aguas abajo recibe aportes de los ríos El Bosque, Fusavita, Guaya y Súnuba, punto en el cual comienza el embalse “La Esmeralda”, después del cual continúa su recorrido con el nombre de río Garagoa o Batá (Figura 417, Figura 4.18 y Mapa 5 del Anexo cartográfico). En el área de jurisdicción de CORPOCHIVOR, el curso del río Garagoa se extiende por una distancia aproximada de 103 km en sentido norte – sur pasando por los municipios de Samacá, Ventaquemada, Boyacá, Ramiriquí, Jenesano, Tibaná, Umbita, Chinavita, Pachavita, Garagoa, Tenza, Sutatenza, Chivor, Almeida, Macanal y Santa María.

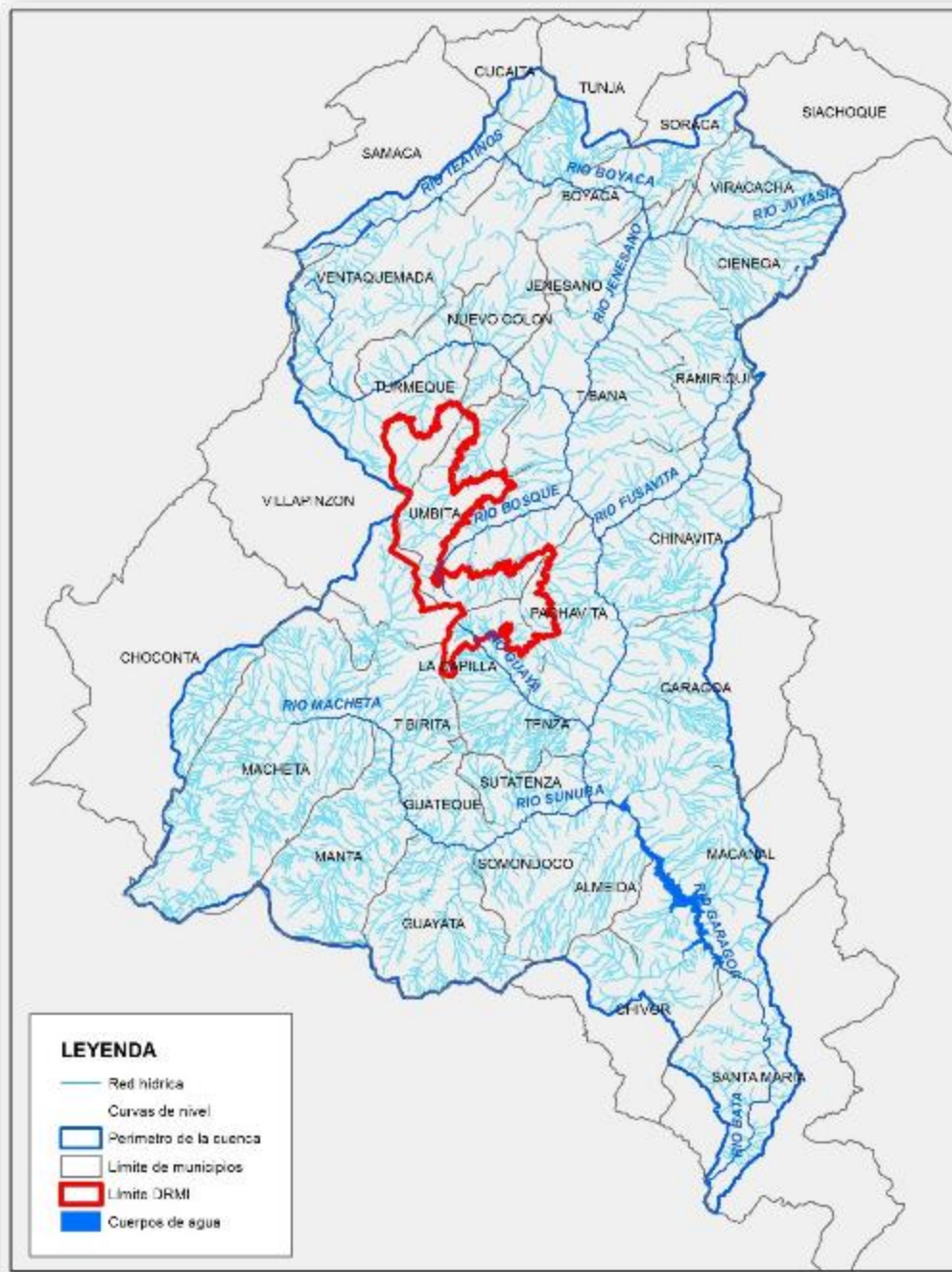
Según la clasificación de Way (1978, en MMAE, 1995), la cuenca del río Garagoa es una cuenca de textura fina, debido al poco espaciamiento medio entre tributarios y corrientes de primer orden; cuencas de este tipo reflejan elevados niveles de escorrentía superficial, roca madre impermeable y suelos de baja permeabilidad.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-26





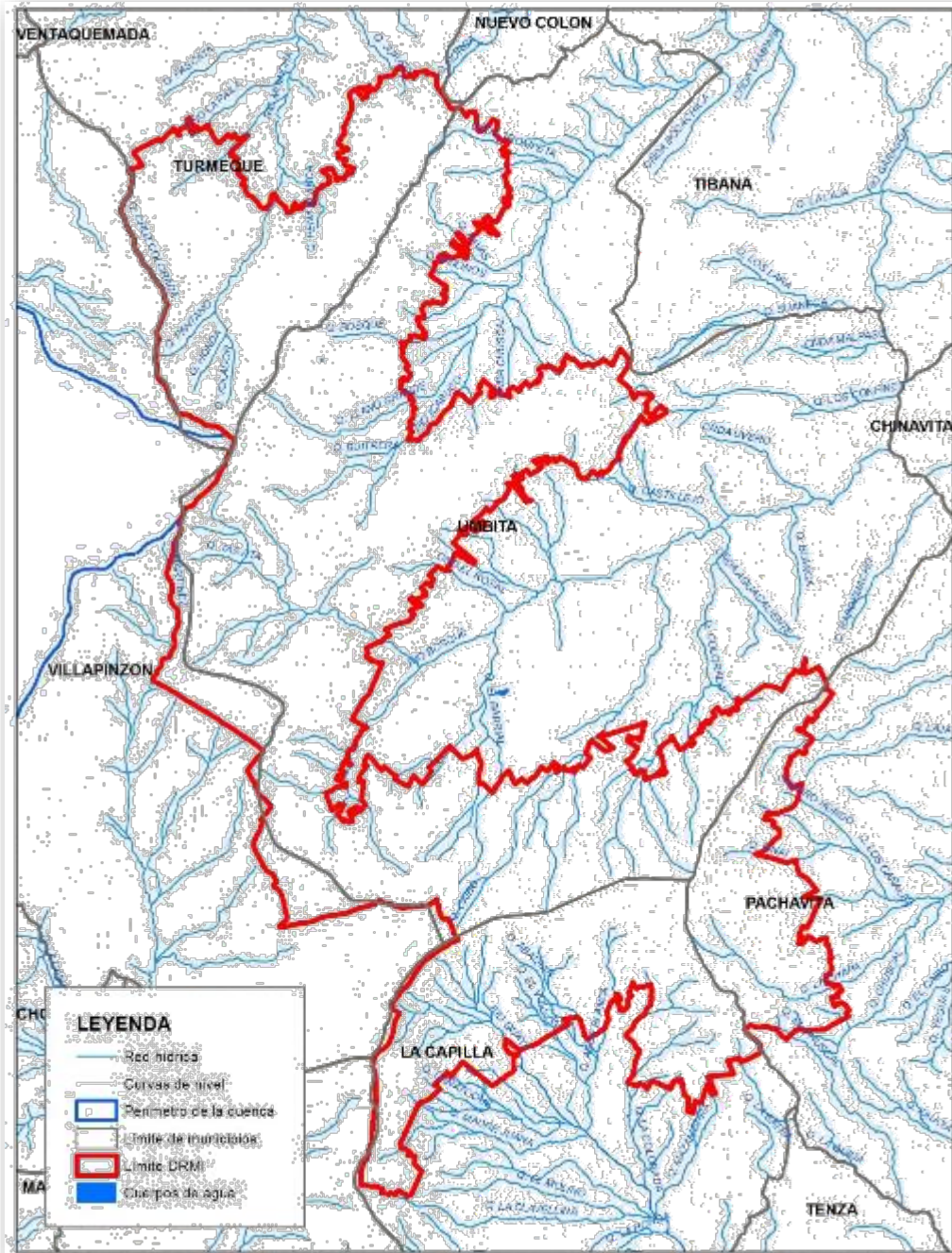
Figura 4. 17. Red hídrica de la cuenca del río Garagoa.



**Fuente:** Generado a partir de la información del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Figura 4. 18. Red hídrica del DRMI.



**Fuente:** Generado a partir de la información del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-29



El patrón de distribución de corrientes en la Cuenca obedece a un patrón dendrítico, que se caracteriza por mostrar una ramificación arborescente en la que los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos, distribución que es más frecuente en cuencas hidrográficas de pendientes abruptas (Foto 4.1).

**Foto 4. 1. Panorámica hacia el sector noroccidental del DRMI, vista desde el páramo de Cristales.**



Una vez consolidada la información cartográfica del proyecto, con base en la geodatabase entregada por CORPOCHIVOR, en el territorio del DRMI se identifican 132,13 km de red hídrica, destacándose los afluentes que dan origen a:

- **Río Muincha:** Afluentes caño La Paila, quebradas Pantano y Honda.
- **Río Icabuco:** Afluente cañadas Trompeta, Molinos y Chuscal; quebradas Pavas, Bosque, Llano Grande y Buitrera.
- **Río Bosque:** Afluentes de las quebradas Los Confines, Castillejo, Tastiva, El Barrial, Caibo, Colorada; Caño EL Rosal.
- **Río Garagoa:** Afluentes de chorro Hondo; quebradas Sinaí, La Chapa Chuscal y Chorro Hondo.
- **Quebrada La Guaya:** Afluentes de las quebradas Cañatoque, El Volcán, Agua Blanca y La Colorada.

Así mismo, con base en la información del Sistema de Información Geográfica del proyecto, se registran 114 nacimientos y dos cuerpos de agua, que ocupan 39,69 m<sup>2</sup>.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-30

#### ◆ Subcuencas asociadas al territorio del DRMI

La descripción de las áreas de drenaje asociadas al DRMI tiene como origen el desarrollo del componente hídrico del Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del río Garagoa ((CORPOCHIVOR *et al.*, 2004), información que se retomó en el adelanto del estudio de CORPOCHIVOR - Universidad Militar Nueva Granada. 2009.

Las subcuencas del río Garagoa asociadas al área del DRMI se presentan en la Tabla 4.8 y espacializan en la Figura 4.19 y el Mapa 6 del Anexo cartográfico.

**Tabla 4. 8. Clasificación hidrológica del área del DRMI.**

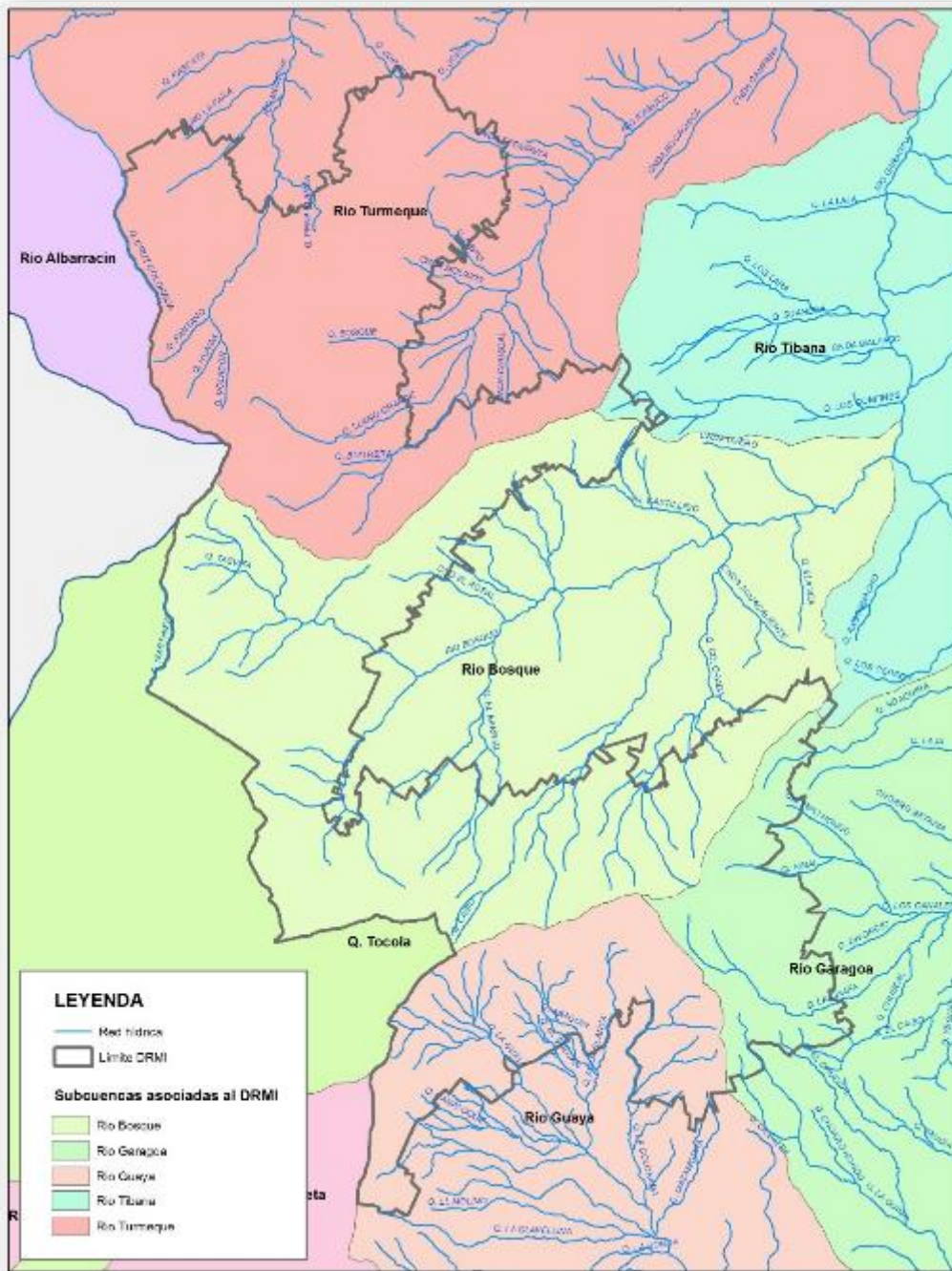
Código	Subcuenca	Área total (ha)	Área en el DRMI (ha)	% DRMI de la subcuenca	%DRMI
3507-03	Río Guaya	9.474,91	1.757,16	18,55	15,18
3507-04	Río Garagoa	22.003,70	1.075,29	4,89	9,29
3507-06	Río Bosque	9.103,21	4.591,20	50,43	39,67
3507-07	Río Tibaná	22.628,27	56,75	0,25	0,49
3507-08	Río Turmequé	32.033,10	4.093,60	12,78	35,37
<b>Total</b>		<b>95.243,19</b>	<b>11.574,00</b>	<b>12,15</b>	<b>100,00</b>

En el DRMI se encuentra el 50,43% de la subcuenca del río Bosque, la cual ocupa todo el sector medio del Distrito y es la única a la cual tributan los afluentes que nacen en los páramos de Cristales y Castillejo o Guachaneque.

En su orden, las subcuencas que ocupan el territorio en el DRMI son la del río El Bosque (39,67%), río Turmequé (35,37%), río Guaya (15,18%), río Garagoa (9,29%) y río Tibaná (0,49%). La descripción de cada una de las subcuencas se presenta a continuación:

- **Subcuenca del río Guaya.** Localizada en el sector sur del DRMI en jurisdicción de los municipios de La Capilla, Pachavita y Tenza, ocupa una extensión de 9.474,91 ha sobre un patrón de drenaje dendrítico, que nace en el páramo de Cristales. Los principales afluentes que dan origen al río Guaya corresponden a las quebradas La Batea, Mazamorra, La Colorada, Agua Blanca, Abaquín, Los Moreno, El Volcán, Canatoque, Madre Juana, El Molino, La Clavellina, La Honda y La Gusba.
- **Subcuenca del río Garagoa.** Localizada en el sector suroriental del DRMI en jurisdicción de los municipios de Pachavita, Chinavita, Garagoa y Tenza, ocupa una extensión total de 22.003,70 ha sobre un patrón de drenaje dendrítico, que nace en el páramo de Cristales. Los principales afluentes que dan origen al río Garagoa corresponden a las quebradas El Hatillo, Roavita, Las Moyas, Los Potreros, El Volcán, La Esmeralda, Sicha, Cementerio, Gacal, Soaquira, Laja, Sinaí, La Chapa, El Chuscal, Chorro Hondo y La Quiña.

Figura 4. 19. Subcuencas asociadas al territorio del DRMI.



**Fuente:** Generado a partir de la información del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-32



- **Subcuenca del río Bosque.** Localizada en el sector medio del DRMI en jurisdicción del municipio de Úmbita ocupa una extensión de 9.103,21 ha sobre un patrón de drenaje dendrítico, que tiene su origen en los páramos de Cristales y Castillejo o Guachaneque. Los principales afluentes que dan origen al río Bosque corresponden a las quebradas Tasvita, Pantano Colorado, Caibo, Castillejo, Blanca, Agua Caliente, El Barrial y Colorada, la cañada Uvero y caño Rosal.
- **Subcuenca del río Tibaná.** Localizada en el sector nororiental del DRMI en jurisdicción de los municipios de Úmbita, Chinavita, Tibaná, Jenesano, Ramiriquí y Boyacá ocupa una extensión de 22.628,10 ha sobre un patrón de drenaje dendrítico, que alcanza a tener influencia del área de los páramos de Cristales y Castillejo o Guachaneque. Los principales afluentes que aportan al río Tibaná corresponden a las quebradas Los Confines, Suaneca, Los Lara, La Laja, La Sucia, Ruche, La Colorada, Chiguata, Barrios, Quichatoque, Rabo e Macho y Los Cedros, además de los tributarios que a esta altura alimentan los ríos Jenesano y Garagoa.
- **Subcuenca del río Turmequé.** Localizada en el sector norte del DRMI en jurisdicción de los municipios de Turmequé, Úmbita, Ventaquemada, Nuevo Colón y Tibaná ocupa una extensión de 32.033,10 ha sobre un patrón de drenaje dendrítico, que nace en el páramo de Castillejo o Guachaneque. Los principales afluentes que aportan al río Turmequé corresponden a las quebradas Volador, Honda, Pantano, Peña Blanca, Páscata y Juratá que dan origen al río Muincha; las quebradas Samacá, Bollote, Rosal y Cañada Teguanque que dan origen al río Albarracín; y las quebradas Buitrera, Llano Grande, Bosque, Pavas y Sorda que dan origen al río Icabuco.

\* **Características morfométricas de las subcuencas asociadas al DRMI**

Las características morfométricas de las subcuencas asociadas al DRMI se presentan en la Tabla 4.9.

**Tabla 4. 9. Características morfométricas de las subcuencas asociadas al DRMI.**

Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	Elevación (msnm)	Longitud (km)	Factor de forma (F <sub>r</sub> )	Coefficiente de compacidad (K <sub>c</sub> )	Índice de alargamiento (I <sub>a</sub> )	Tiempo de concentración (horas)	Forma (*)	Tipo de creciente (**)
Río Guaya	95	42	2.130	14	0,42	1,30	1,59	1,18	R	S
Río Garagoa	220	83	2.047	27	0,36	0,48	1,89	3,78	R	L
Río Bosque	91	45	2.629	15	0,48	1,53	1,53	1,60	R	L
Río Tibaná	226	89	2.431	11	1,52	0,49	1,11	2,30	R	S



Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Perímetro (km)	Elevación (msnm)	Longitud (km)	Factor de forma (F <sub>r</sub> )	Coefficiente de compacidad (K <sub>c</sub> )	Índice de alargamiento (I <sub>a</sub> )	Tiempo de concentración (horas)	Forma (*)	Tipo de creciente (**)
Río Turmequé	320	90	2.727	18	0,99	0,25	0,96	2,87	R	L

(\*) **Forma:** R = Redondeada A = Alargada

(\*\*) **Tipo de creciente:** S = Súbita L = Lenta

**Fuente:** Generado a partir de la información del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

A partir de la información de la Tabla 4.16 se describen a nivel general las subcuencas, así:

- **Subcuenca del río Guaya.** Corresponde a una subcuenca semiredonda de abrupta topografía e intensas precipitaciones, razón por la cual se presentan deslizamientos, procesos de remoción en masa y socavamiento permanente de los taludes y lechos de los ríos, los coluviones son permanentemente arrastrados; el agua fluye sobre las rocas de la formación Fómeque, socavándola permanentemente formando canales en forma de bateas, razón por la cual el agua es completamente turbia con altos contenidos de sedimentos finos y limosos.
- **Subcuenca del río Garagoa:** Corresponde a una subcuenca ovalada de ligeramente suave topografía hacia el centro y fuertes pendientes en la periferia, zona húmeda de intensas precipitaciones y por ende, algunos procesos erosivos y de remoción en masa en las proximidades del embalse; el río después de recoger las aguas de los ríos anteriores más la de su cuenca, presenta una agua completamente sedimentada.
- **Subcuenca del río Bosque:** Corresponde a una subcuenca semiredonda de altas pendientes en zona semiseca con frecuentes precipitaciones de baja intensidad y presencia de niebla durante las horas de la noche, favoreciendo la vegetación y cultivos existentes en la región. Aparecen algunos procesos erosivos durante las épocas de intensas lluvias, cuales afectan la transparencia de las aguas.
- **Subcuenca del río Tibaná:** Corresponde a una subcuenca ovalada en zona semihúmeda con fuertes pendientes en un minivalle encañonado, como resultado se tiene la presencia de deslizamientos en toda la región, hundimientos de la bancada y vía en pésimo estado, procesos erosivos generalizados y algunos de remoción en masa. Las aguas del río sobre este sector son turbias confirmando la presencia de la inminente erosión.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-34

- **Subcuenca del río Turmequé:** Corresponde a una subcuenca circular en zona semiseca de bajas precipitaciones, heterogénea y relativamente suave topografía; razón por la cual las aguas del río fluyen suavemente, no se presentan fuertes deslizamientos, ni tampoco procesos de remoción en masa, solo se presentan problemas de erosión superficial durante los años de intensas lluvias (eventos extremos o años Niñas).

\* **Características hidráulicas de las subcuencas asociadas al DRMI**

El componente hídrico del Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del río Garagoa (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004) evaluó para cada una de las subcuencas del río Garagoa los coeficientes de relieve y pendiente según (Seyhan (1975), cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.10.

**Tabla 4. 10. Coeficiente de relieve y pendiente de las subcuencas asociadas al DRMI.**

Subcuenca	R1	R3
Río Guaya	0,152	0,022
Río Garagoa	0,076	0,009
Río Bosque	0,175	0,029
Río Tibaná	0,221	0,011
Río Turmequé	0,152	0,009

**Fuente:** Generado a partir de la información del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

A partir de los coeficientes estimados se generaron las características hidráulicas de las subcuencas que se presentan en la Tabla 4.11.

**Tabla 4. 11. Características hidráulicas de las subcuencas asociadas al DRMI.**

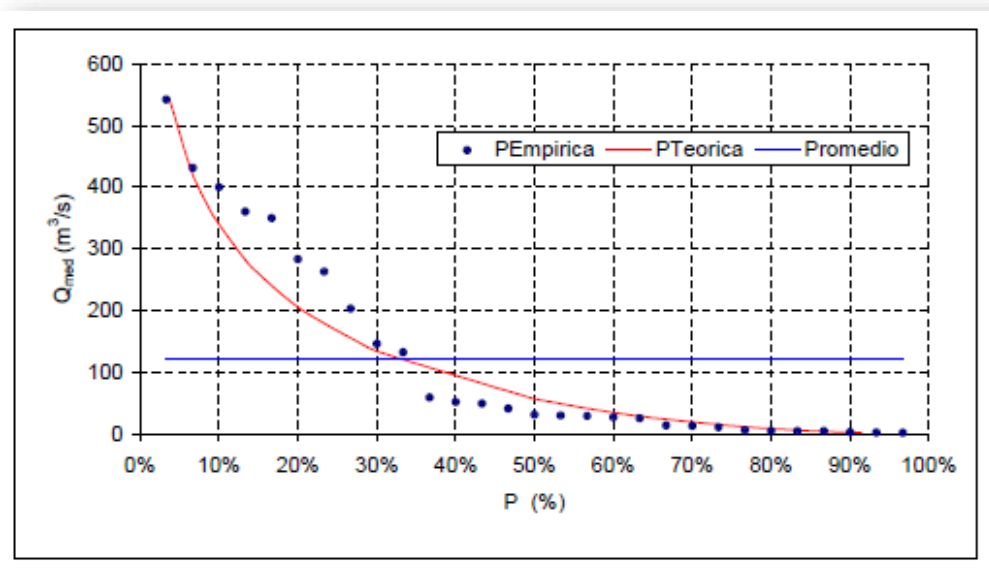
Subcuenca	Caudal medio (m <sup>3</sup> /s)	Caudal mínimo (m <sup>3</sup> /s)	Rendimiento (l/s)	Forma	Arrastre de sedimentos
Río Guaya	2,20	0,40	23,22	Semi redonda	Fuerte
<b>Río Garagoa</b>	<b>25,80</b>	<b>3,02</b>	<b>29,08</b>	<b>Ovalada</b>	<b>Fuerte</b>
Río Bosque	1,60	0,24	17,58	Semi redonda	Sutil
Río Tibaná	9,60	1,88	22,20	Ovalada	Fuerte
Río Turmequé	5,90	0,93	13,32	Circular	Sutil

**Nota:** La subcuenca del río Garagoa recibe las aguas de todas las otras subcuencas descritas.

**Fuente:** Generado a partir de la información del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

El régimen de caudales del río Garagoa, como se ilustra en la Figura 4.20, presenta crecientes fuertes, lo que muestra claramente su comportamiento como estructura colectora de gran cantidad de corrientes de diversos orígenes. Presenta un caudal ecológico con valores alrededor de 25 m<sup>3</sup>/s y un periodo de estiaje de mediana duración con valores alrededor de 3 m<sup>3</sup>/s. Es una corriente que puede presentar riesgo ambiental, específicamente por la localización de infraestructura y asentamientos en sus riberas.

Figura 4. 20. Curva de duración de caudales medios. Estación Garagoa – El Caracol.



**Fuente:** Tomado de la información del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

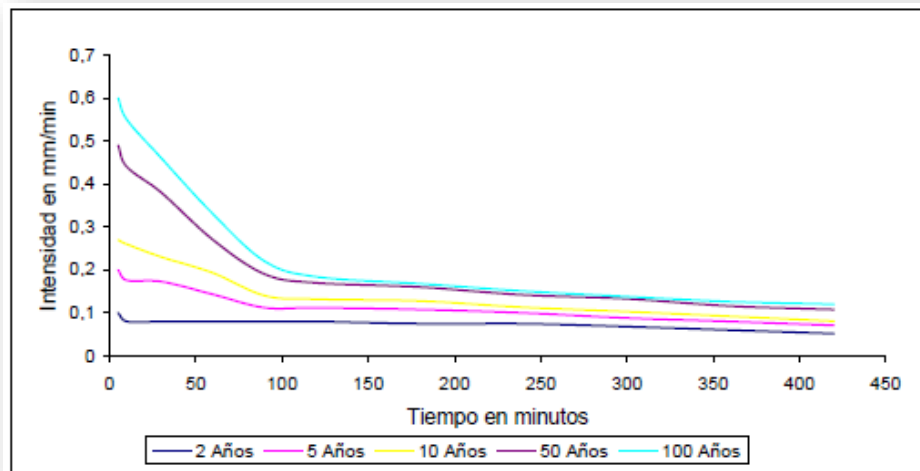
\* **Curvas de intensidad duración y frecuencia – IDF**

La información que se registra fue extractada del POMCA del río Garagoa (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004), a partir de los registros de pluviógrafos de las diferentes estaciones evaluadas se obtuvo:

- **Sutatenza.** Las curvas IDF para la región de Sutatenza (cuenca del río Súnuba) muestra tiempos de recurrencia bajos de 2 y 10 años y un comportamiento similar para las intensidades de 10 y 12 mm/h, las cuales producen eventos erosivos de mediana intensidad tanto en los periodos de recurrencia de 50 como de 100 años, estos presentan fuertes pendientes con intensidades de entre 22 y 30 mm/h (Figura 4.21).

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-36

Figura 4. 21. Curva IDF Sutatenza.

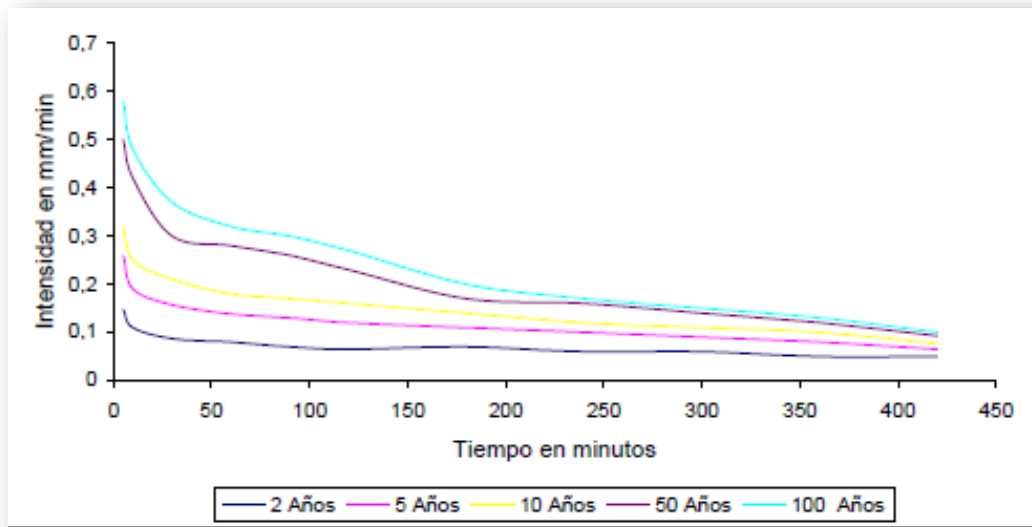


**Fuente:** Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

- **Almeida.** Las curvas IDF para los periodos de recurrencia de 10 años muestran una intensidad en la precipitación de 10 mm/h, lo cual deja una primera impresión alentadora de no representar fuertes riesgos para la región; sin embargo, cuando se examina los tiempos de recurrencia de 50 y 100 años, se observa que las probabilidades de eventos extremos de precipitación son bastante altas con intensidades que fluctúan entre 18 y 24 mm/h, intensidades que ya representan amenaza para la producción de eventos erosivos y de socavamiento (Figura 4.22).
- **Chivor.** Las curvas IDF muestran claramente que la región de Chivor y sus zonas aledañas son las más susceptibles a eventos de remoción en masa debido a la fuerte energía de impacto y alta salpicadura que producen las gotas de estas lluvias, ya que los tiempos de recurrencia de 10 años muestran precipitaciones de 20 mm/h, las cuales pueden detonar fuertes eventos erosivos y de remoción en masa; menos alentador es el panorama para esta zona al examinar los tiempos de recurrencia de 50 y 100 años, donde aparecen precipitaciones que podrían fluctuar entre 36 y 50 mm/h, precipitaciones que podrían desencadenar eventos catastróficos tanto en las partes altas como en las bajas de la Cuenca (Figura 4.23).
- **Macanal.** Las curvas IDF para los periodos de recurrencia de 10 años muestran que la situación de esta zona es menos preocupante que la del flanco enfrente (Chivor) ya que la intensidad de la precipitación es de 15 mm/h, en tanto que para los periodos de recurrencia de 50 y 100 años muestra intensidades de 25 y 36 mm/h respectivamente; eventos que ya pueden representar riesgos para la zona (Figura 4.24).

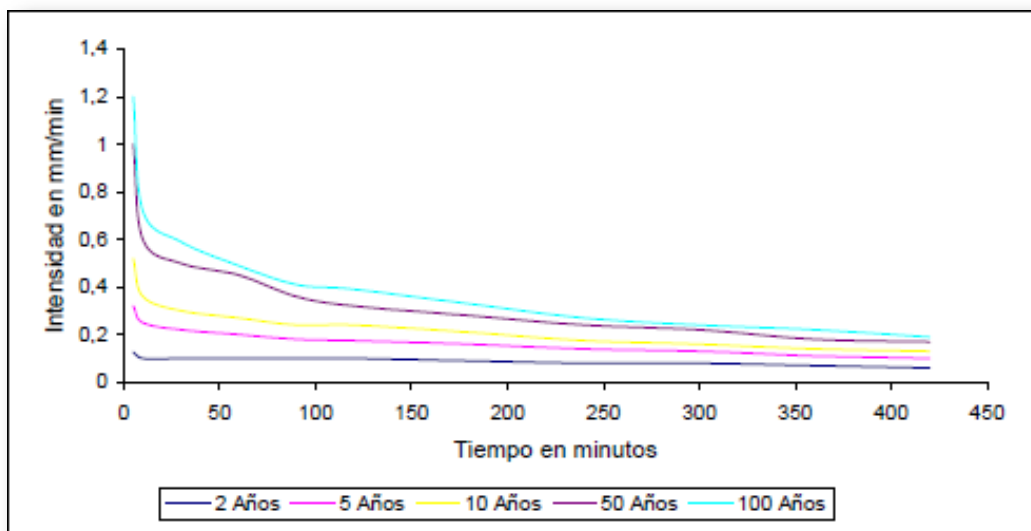
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-37

Figura 4. 22. Curva IDF Almeidas.



Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

Figura 4. 23. Curva IDF Chivor.

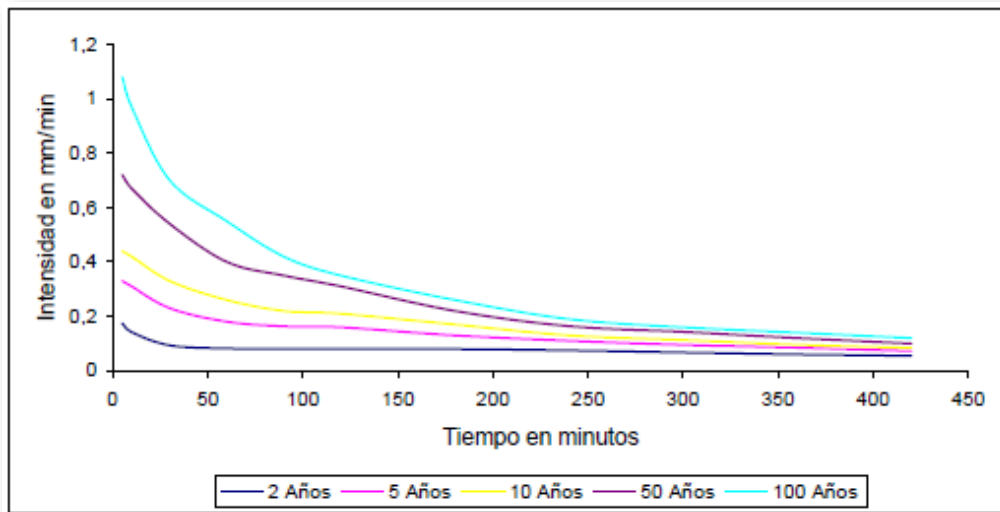


Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-38



Figura 4. 24. Curva IDF Macanal.



Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

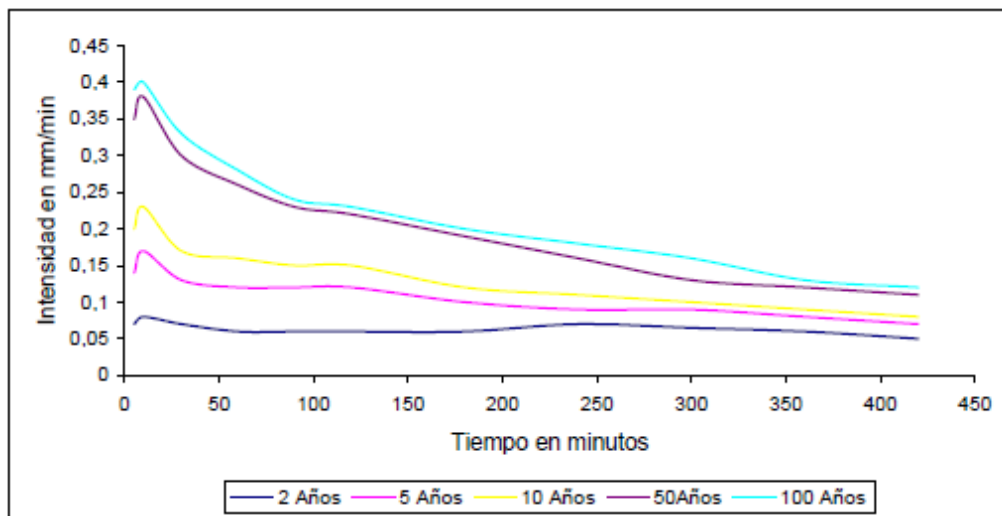
- Garagoa.** Las curvas IDF suscitan una serie de interrogantes; en primera instancia parecería que la curva presenta errores de captura de la información inicial, conservando la filosofía de las curvas de este tipo; sin embargo, para el estudio del POMCA del río Garagoa tiene cierta relevancia el mostrar para esta región el incremento de las lluvias a los 10 minutos después de iniciada la precipitación en toda su expresión. Los primeros 5 minutos representan el agua que se infiltra en las porosidades del suelo antes de producirse encharcamiento, agua que además sirve de disipadora de la energía absorbida por el calentamiento solar diurno en la parte plana y de esta manera, enfriando la superficie del suelo, facilita el debilitamiento o cambio de signo de la fuerza de flotamiento, para que se produzca el desplome final de las estructuras (construcciones) características de la zona (Figura 4.25).

En los tiempos de recurrencia de 10 años se aprecian precipitaciones de 10 mm/h, cifra que merece atención para el diseño y construcción de obras de infraestructura. En las curvas de 50 y 100 años se ve que las precipitaciones se incrementan hasta alcanzar valores entre 18 y 24 mm/h, cifras que ya amenazan con poner en riesgo la región ante eventos de erosión, remoción en masa e inundaciones.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-39



Figura 4. 25. Curva IDF Garagoa.



Fuente: Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

\* **Concesiones de agua, usuarios y formas de abastecimiento**

De acuerdo a la información de CORPOCHIVOR que presenta el informe de CORPOCHIVOR - Universidad Militar Nueva Granada. 2009 “Complementación y actualización del estudio sobre el estado actual del área de páramos en los sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un plan de manejo ambiental para dichas áreas”, complementada con la información entregada por la Corporación (2013) existen 77 captaciones en el área del DRMI, de las cuales todas reportan número de expediente pero tan solo 44 disponen de Resolución del permiso de captación (57%).

Del total de las captaciones, 27 pertenecen a sistemas colectivos de abastecimiento (35,01%) con un total de 8.510 usuarios, los cuales captan 39,9 l/s, encontrándose el 74,1% de las captaciones en la Subcuenca del río Turmequé (Tabla 4.12). Se destaca la presencia de las captaciones que abastecen la población urbana de los municipios de Pachavita, Úmbita y Turmequé, así como el acueducto interveredal de La Capilla, entre otros.

Tabla 4. 12. Distribución de las captaciones de sistemas colectivos por subcuencas.

Subcuenca	Caudal (l/s)	Usuarios	Número de captaciones	% de captaciones
El Bosque	0,8	528	3	11,1
Garagoa	1,54		2	7,4

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Subcuenca	Caudal (l/s)	Usuarios	Número de captaciones	% de captaciones
Turmequé	35,22	7.903	20	74,1
Guaya	2,34	79	2	7,4
<b>DRMI</b>	<b>39,9</b>	<b>8.510</b>	<b>27</b>	<b>100,0</b>

Se reportan 49 captaciones para concesiones particulares (63,6%) que son utilizadas en uso doméstico, pecuario y riesgo, las cuales utilizan un caudal de 17,08 l/s, predominando las mismas en la subcuenca del río Turmequé (Tabla 4.13).

**Tabla 4. 13. Distribución de las captaciones de concesiones particulares por subcuencas.**

Subcuenca	Caudal (l/s)	Número de captaciones	%
El Bosque	4,94	17	34,7
Garagoa	0,08	5	10,2
Turmequé	12,06	26	53,1
Tibaná	-	1	2,0
<b>DRMI</b>	<b>17,08</b>	<b>49</b>	<b>100,0</b>

Solo existe una captación que abastece el distrito de riego de la vereda El Jupal que toma el agua de la quebrada Tastiva, subcuenca del río El Bosque y capta un caudal de 73,44 l/s.

La espacialización de las captaciones se presenta en la Figura 4.26 y Mapa 7 del Anexo cartográfico) y la base de datos consolidada con la información CORPOCHIVOR (2013), de las captaciones localizadas en el área del DRMI, se presenta en el Anexo 8 del presente Plan.

\* ***Demanda del recurso hídrico***

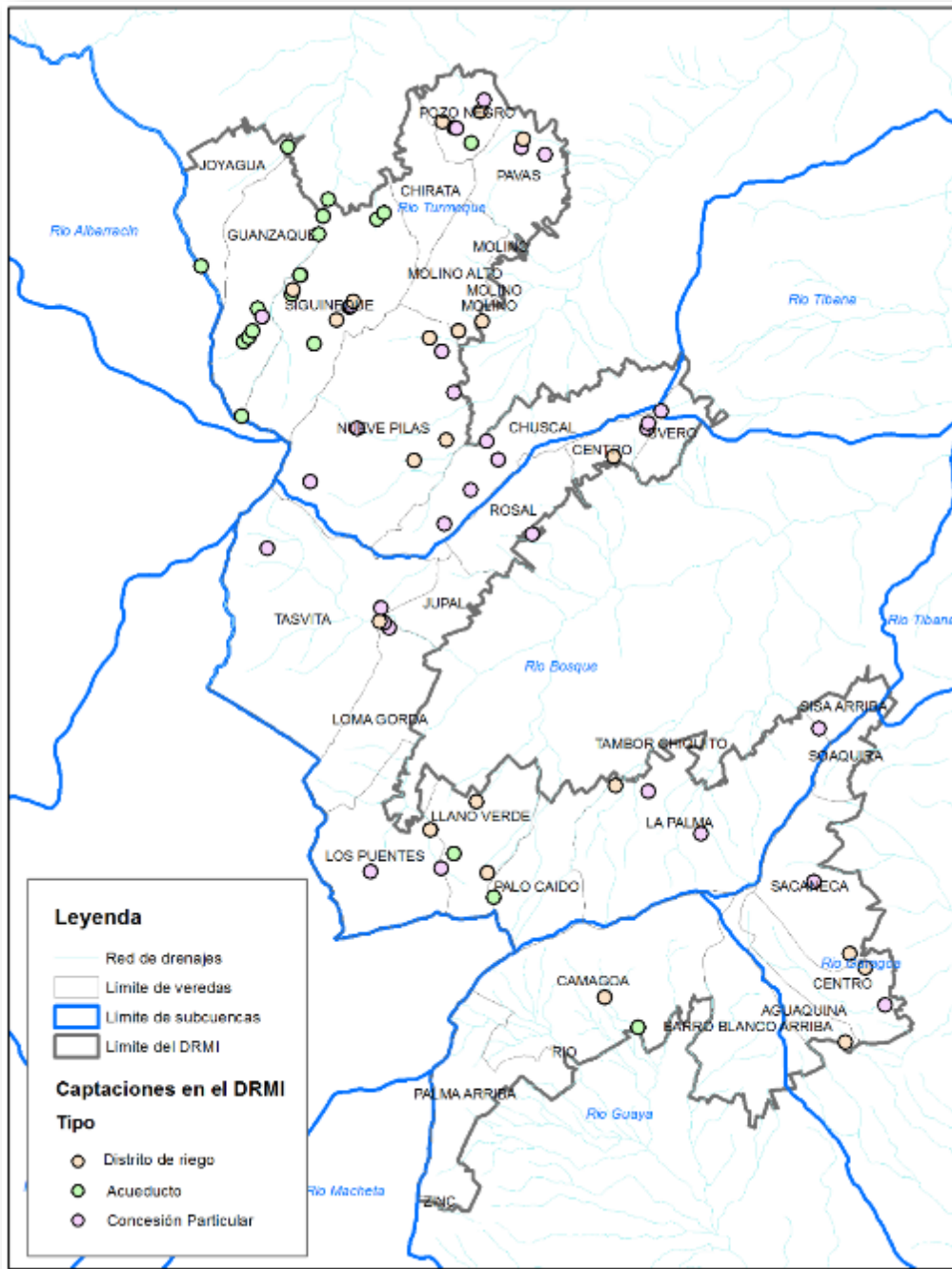
La demanda hídrica extractada de la información del POMCA del río Garagoa (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004), por disponer de la información de todo el territorio, se presentan en la Tabla 4.14.

\* ***Índice de escasez***

El balance hídrico de una cuenca está dado por la relación existente entre la demanda y la oferta hídrica disponible, la cual se expresa a partir del Índice de Escasez, que es igual a la relación porcentual entre la demanda de agua ejercida por el hombre para el desarrollo de sus diferentes actividades sociales y económicas y la oferta hídrica disponible considerando condiciones de calidad y funcionamiento de los ecosistemas. El índice de escasez se agrupa en cinco categorías (Tabla 4.15).

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Figura 4. 26. Captaciones localizadas en el área del DRMI.



**Fuente:** Consolidado de la información de CORPOCHIVOR - Universidad Militar Nueva Granada. 2009. Complementación y actualización del estudio sobre el estado actual del área de páramos en los sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un plan de manejo ambiental para dichas áreas y la base de datos de CORPOCHIVOR, 2013.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

**Tabla 4. 14. Demanda de agua por actividades productivas de las subcuencas asociadas al DRMI.**

Subcuenca	Río Guaya	Río Garagoa	Río Bosque	Río Tibaná	Río Turmequé
Humanos	412.666	4.352.687	279.932	887.407	934.656
Porcicultura	2.006	8.325	1.404	1.645	622
Bovinos	103.401	802.028	13.236	179.766	86.092
Avicultura	6.205	190.752	206	179.766	1.563
Tomate	232.218	232.218			
Promedio	63.041	465.501	24.565	104.049	85.244
Pastos	6.177	200.012	30.431	13.704	54.320
Pastos meses secos	2.059	66.671	10.144	4.568	18.107
Meses más secos enero-febrero- marzo	65.100	1.008.765	34.709	108.617	103.351
<b>Total</b>	<b>762.673</b>	<b>2.671.208</b>	<b>325.210</b>	<b>1.262.289</b>	<b>1.077.253</b>

**Fuente:** Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

**Tabla 4. 15. Categorías del índice de escasez.**

Categoría	Índice de Escasez	Características
No significativa	< 1 %	Demanda no significativa con relación a la oferta
Mínima	1 – 10 %	Demanda muy baja con respecto a la oferta
Media	11 – 20 %	Demanda baja con respecto a la oferta
Media Alta	21 – 50 %	Demanda apreciable
Alta	> 50 %	Demanda alta con respecto a la oferta

A partir de la información que se ha presentado a través del desarrollo del componente hidrológico, con base en el estudio nacional del agua para las cuencas del territorio (CORPOCHIVOR *et al.*, 2004), se realizaron los cálculos de los datos obteniéndose los índices de escasez que se presentan en la Tabla 4.16.



ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE



Tabla 4. 16. Índices de escasez calculados para las subcuencas asociadas al DRMI.

Subcuenca	Municipio	Zonas urbanas	Índice de Escasez					
			Con Caudales medios	Con caudales mínimos	Año medio		Año Seco	
					Índice de escasez municipal ENA 2000	Índice de escasez ponderado ENA 2000	Índice de escasez municipal ENA 2000	Índice de escasez ponderado ENA 2000
Río Guaya	La Capilla	La Capilla			5,46		5,81	
	Tenza	Tenza			1,74		185	
	Guateque				6,96		7,41	
	Pachavita				0,54		0,57	
	Sutatenza				1,2		1,27	
	Tibirita				1,51		2,1	
	Úmbita				1,17		1,24	
<b>Total</b>			<b>2,75%</b>	<b>15,12%</b>		<b>3,88</b>		<b>4,13</b>
Río Garagoa	Chinavita	Chinavita			0,31		0,33	
	Garagoa	Garagoa			0,66		0,71	
	Pachavita	Pachavita			0,54		0,57	
Río Garagoa	La Capilla				5,46		5,81	
	Sutatenza				1,2		1,27	
	Tenza				1,74		1,85	
	Úmbita				1,17		1,24	
<b>Total</b>			<b>1,16%</b>	<b>7,71%</b>		<b>0,66</b>		<b>0,71</b>
Río Bosque	Úmbita	Úmbita			1,17		1,24	
	La Capilla				5,46		5,81	
	Pachavita				1,54		0,57	
	Villapinzón				4,46		5,25	
<b>Total</b>			<b>1,61%</b>	<b>10,74%</b>		<b>1,33</b>		<b>1,43</b>
Río Tibaná	Tibaná	Tibaná			1,16		1,23	
	Jenesano	Jenesano			1,53		1,63	
	Ramiriquí	Ramiriquí			1,07		1,14	
	Chinavita				0,31		0,33	
	Boyacá				2,09		2,23	
	Cienega				1,19		1,27	
	Úmbita				1,17		1,24	
	Nuevo Colón				6,56		5,25	
<b>Total</b>			<b>1,04%</b>	<b>5,32%</b>		<b>1,21</b>		<b>1,29</b>

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-44



Subcuenca	Municipio	Zonas urbanas	Índice de Escasez					
			Con Caudales medios	Con caudales mínimos	Año medio		Año Seco	
					Índice de escasez municipal ENA 2000	Índice de escasez ponderado ENA 2000	Índice de escasez municipal ENA 2000	Índice de escasez ponderado ENA 2000
Río Turmequé	Ventaquemada	Ventaquemada			4,21		4,48	
	Nuevo Colón	Nuevo Colón			6,56		6,97	
	Turmequé	Turmequé			5,53		5,88	
	Boyacá	Boyacá			2,09		2,23	
	Jenesano	Jenesano			1,53		1,63	
	Samacá	Samacá			40,58		176,43	
	Tibaná	Tibaná			1,16		1,23	
	Úmbita	Úmbita			1,17		1,24	
<b>Total</b>			<b>1,45%</b>	<b>9,18%</b>		<b>3,83</b>		<b>4,08</b>

**Fuente:** Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

Dichos balances permiten calcular los índices de escasez para la totalidad del territorio de las subcuencas asociadas al DRMI, información que se retomó del POMCA del Garagoa dado que la población en los municipios del Distrito tienen tasas negativas de crecimiento con excepción de Úmbita, donde aproximadamente permanece estable. Los balances hídricos se presentan en la Tabla 4.17, afectando el volumen de la oferta por un factor de reducción del 25% por calidad del agua.

**Tabla 4. 17. Balances hídricos calculados por subcuenca asociada al DRMI.**

Subcuenca	Balances con caudales medios				Balances con caudales mínimos		
	Caudal medio (m <sup>3</sup> /s)	Volumen oferta (m <sup>3</sup> /año)	Consumo estimado (m <sup>3</sup> /año)	Saldo	Caudal mínimo (m <sup>3</sup> /s)	Volumen oferta (m <sup>3</sup> /año)	Saldo
Río Guaya	2,2	69.379.200	762.673	68.616.527	0,4	12.614.400	11.851.727
Río Garagoa	9,59	302.430.240	1.401.327	301.028.913	1,44	45.411.840	44.010.513
Río Bosque	1,6	50.457.600	325.210	50.132.390	0,24	7.568.640	7.243.430
Río Tibaná	9,6	302.745.600	1.262.289	301.483.311	1,88	59.287.680	58.025.391
Río Turmequé	5,9	186.062.400	1.077.253	184.985.147	0,93	29.328.480	28.251.227

**Fuente:** Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.



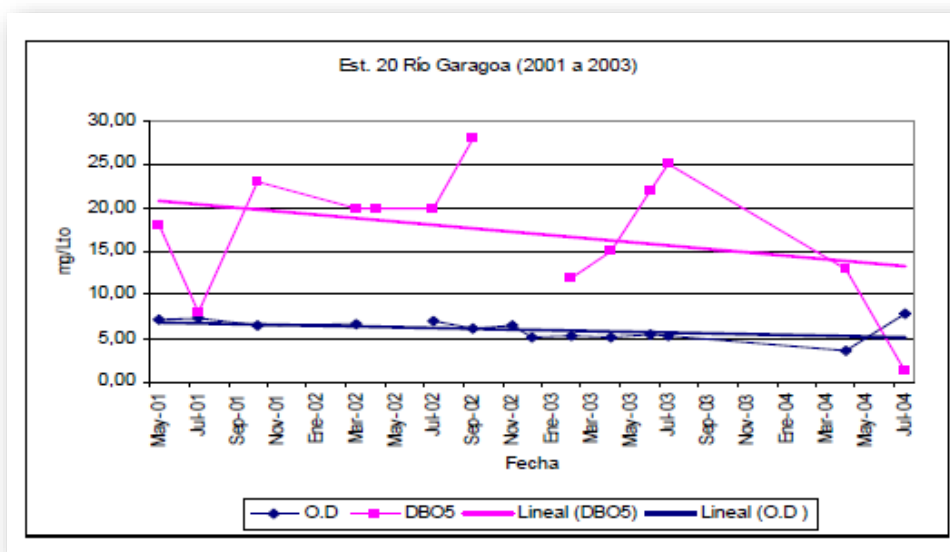
#### ♦ Calidad del agua

Los análisis de calidad de agua desarrollados en el estudio CORPOCHIVOR *et al.*, 2004 para la cuenca del río Garagoa sobre su corriente principal se realizó para los puntos de muestreo:

- 2 Río Teatinos y río Jenesano
- 4 Río Juyasía
- 9 Río Albarracín
- 13 Río Turmequé
- 16 Río Fusavita
- 21 Río Guaya
- 5-15-22 Río Garagoa total

El análisis temporal para el río Garagoa muestra un comportamiento con tendencia hacia la disminución de la DBO<sub>5</sub> y del OD en épocas secas; sin embargo, la tendencia general es hacia la disminución del DBO<sub>5</sub> y aumento del OD, sin embargo los valores de DBO<sub>5</sub> aumentan sensiblemente en las temporadas de lluvia. Los valores de OD se presentan en los límites de lo deseable aún para uso recreativo primario (Figura 4.27).

**Figura 4. 27. Análisis temporal del OD y DBO<sub>5</sub> en la estación Olaya, corriente río Garagoa.**

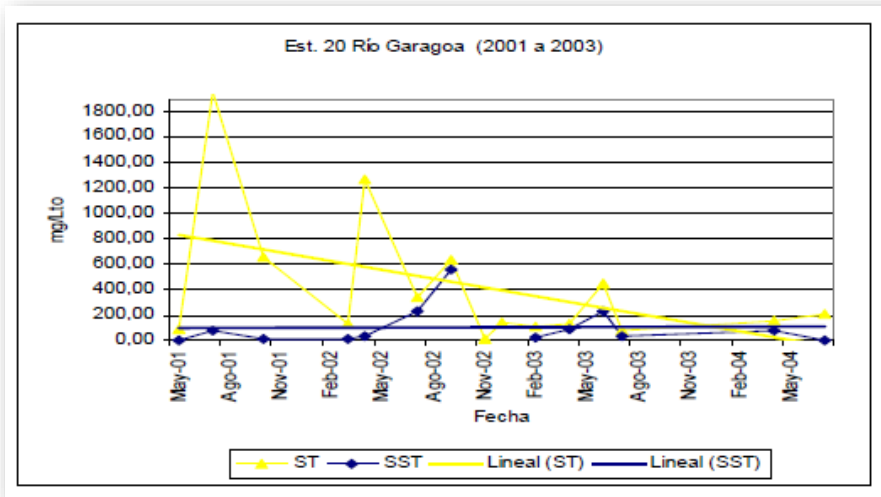


**Fuente:** Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

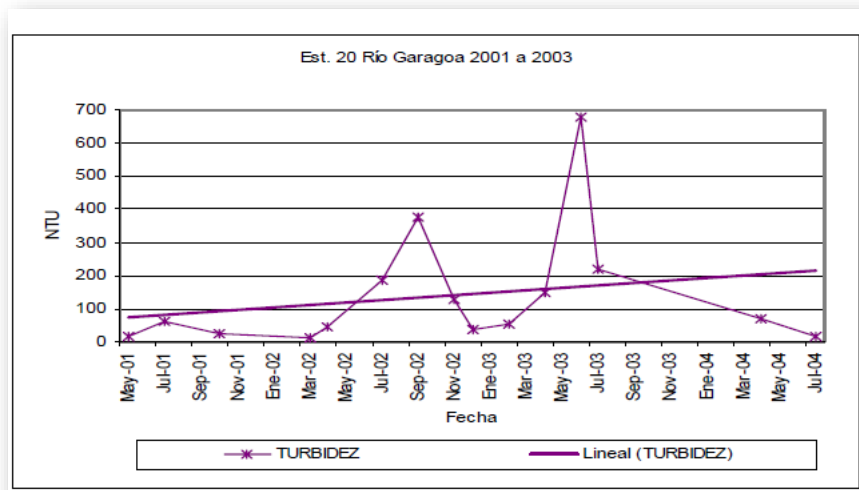
Se presenta un aumento de los sólidos en épocas de lluvia, con tendencia a la disminución de los sólidos totales – ST y estabilidad en los sólidos suspendidos totales – SST (Figura 4.28). La turbiedad aumenta en épocas de lluvia y su tendencia general en el tiempo es al aumento (Figura 4.29).

**Figura 4. 28. Análisis temporal del ST y SST en la estación Olaya, corriente río Garagoa.**



**Fuente:** Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

**Figura 4. 29. Análisis temporal de la turbidez en la estación Olaya, corriente río Garagoa.**



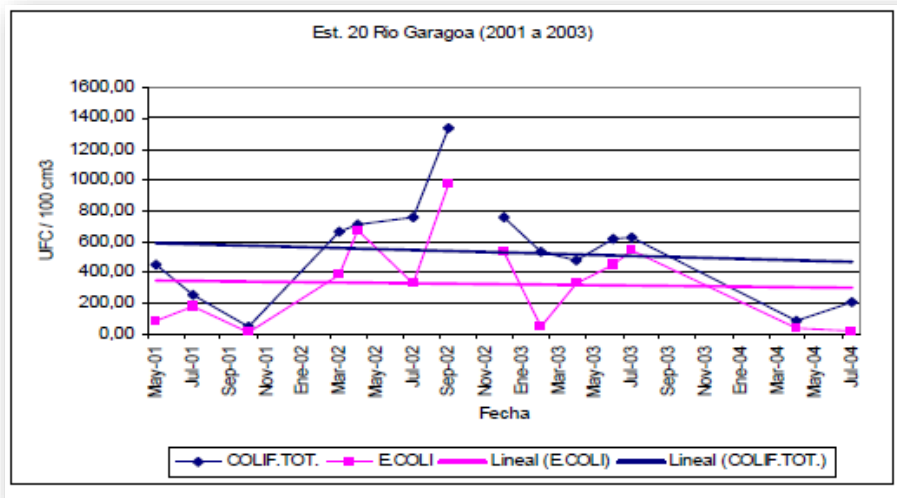
**Fuente:** Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



Para el caso de los coliformes, los datos muestran aumento en las temporadas lluviosas y comportamiento de tendencia en el tiempo hacia la disminución de las dos variables. Los valores superan lo deseable para uso doméstico (Figura 4.30).

**Figura 4. 30. Análisis temporal de los coliformes en la estación Olaya, corriente río Garagoa.**



**Fuente:** Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

La evolución temporal de la saturación de oxígeno en el río Garagoa permitió determinar rápidamente la calidad del mismo, ya que valores superiores al 80% son buenos, inferiores a 60% son malos y los situados entre estos dos valores se consideran críticos.

Como se aprecia en la Figura 4.31, de un total de 60 datos, en el 53% (32) la condición es buena, tan solo hay un punto con condición mala y hay 45% (27) que se sitúan en la condición crítica. Dicho de otra manera, es muy probable que el 27% del tiempo de un año cualquiera, la situación de las aguas de las corrientes del río Garagoa y sus tributarios esté en condiciones tales que no son aptas para el desarrollo de organismos de manera autónoma y menos aún, para el consumo humano.

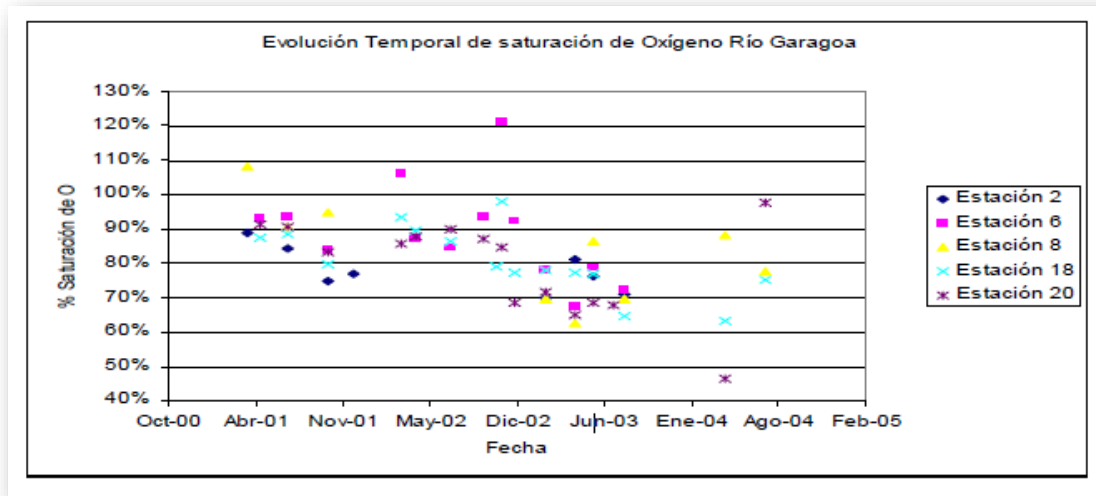
Al realizar el análisis espacial de la saturación de oxígeno en el río Garagoa, los datos disponibles permiten inferir que las condiciones para todos los puntos de la cuenca son similares y se deteriora levemente hacia el final del cauce (Figura 4.32).

Los aportes de agua hacia el centro del recorrido y la aireación natural generada por la agitación de la corriente en descenso, parece ser suficiente para mejorar las condiciones hasta la parte media del río, pero a partir de este punto, parece no ser suficiente para

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

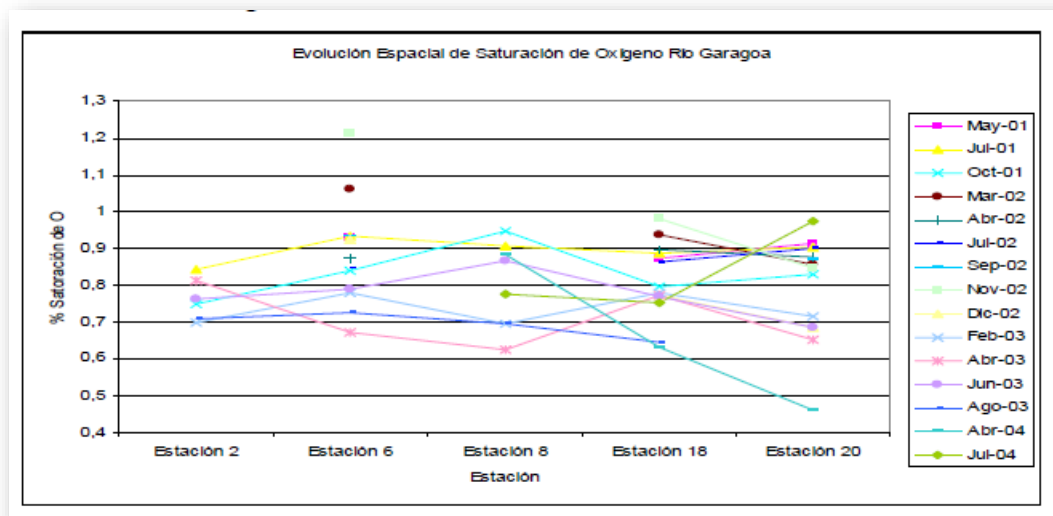
contrarrestar los aportes de materia orgánica que también se van adicionando y mitigar la demanda de oxígeno creciente.

**Figura 4. 31. Evolución temporal de saturación de oxígeno en el río Garagoa.**



**Fuente:** Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

**Figura 4. 32. Evolución espacial de saturación de oxígeno en el río Garagoa.**



**Fuente:** Tomado del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



#### 4.1.2.2 Conclusiones

La cuenca del río Garagoa presenta muchos drenajes con fuertes escorrentías superficiales y subsuperficiales que arrastran gran cantidad de material deleznable durante las épocas de lluvias, debido a la abrupta topografía; produciendo súbitas crecientes y socavando permanentemente los taludes y lechos de los ríos, razón que colabora en el aporte de sólidos a las corrientes hídricas. El arrastre fuerte de sedimentos se presenta en las subcuencas del río Guaya, Garagoa y Tibaná.

El régimen de caudales del río Garagoa presenta crecientes fuertes, lo que muestra claramente su comportamiento como estructura colectora de gran cantidad de corrientes de diversos orígenes. Presenta un caudal ecológico con valores alrededor de 25 m<sup>3</sup>/s y un periodo de estiaje de mediana duración con valores alrededor de 3 m<sup>3</sup>/s. Es una corriente que puede presentar riesgo ambiental, específicamente por la localización de infraestructura y asentamientos en sus riberas.

El 44,62% de las captaciones localizadas en el DRMI corresponden a sistemas colectivos de abastecimiento que atienden aproximadamente a 9.340 usuarios; los cuales consumen un estimado de 4.828.752 m<sup>3</sup> por año, demanda que es baja con respecto a la oferta de la Cuenca. Tan solo la subcuenca del río Guaya incrementa el índice de escasez de mínimo a medio con la evaluación de caudales mínimos.

Las condiciones de calidad de agua en la Cuenca, determinadas con la información disponible, reflejan unas tendencias marcadas y permanentes de deterioro de la calidad del agua. Los niveles de oxígeno se encuentran en los límites aceptables, las cargas de sedimentos son altas con tendencia al aumento hacia la parte baja de la Cuenca y los coliformes, representan quizás el problema más incidente en la calidad del agua para consumo humano, los cuales presentan valores superiores a lo deseable y permitido.

Dos factores que pueden estar incidiendo de manera principal en las condiciones de la calidad del agua, es la desprotección de cobertura vegetal, que favorece la erosión superficial y pérdida sutil y permanente de suelo fértil que es arrastrado aguas abajo; y la inadecuada disposición de las aguas residuales domésticas directamente a las fuentes hídricas sin tratamiento previo, lo que aumenta la carga bacteriana y de materia orgánica, la cual no alcanza a ser asimilada por la aireación turbulenta y el aporte de agua en épocas de lluvia.

#### 4.1.3 Geología

El análisis e interpretación del componente geosférico constituye una importante herramienta en los procesos de caracterización del área, base para el análisis de los procesos de conflicto de uso y amenaza de vulnerabilidad y riesgo en los procesos de planeación ambiental y territorial de dichos ecosistemas.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-50





ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE



Para la elaboración del presente estudio se adelantaron fases de consulta, recopilación y análisis de información temática de interés en entidades e instituciones tales como INGEOMINAS, IGAC, Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, archivos propios de la empresa, bibliografía de diversas fuentes y la documentación propia de las Corporaciones Autónomas Regionales de Chivor y Cundinamarca, relacionada con características y dinámicas presentes en las diferentes áreas y entornos y de los estudios de interés, así como de la declaración, delimitación y diagnóstico de los Páramos de Cristales y Castillejo (Anexo 5).

Posterior al análisis de información se realizó un análisis cartográfico, se consultaron y analizaron los mapas geológicos y sus respectivas memorias, escala 1:100.000 INGEOMINAS. Adicionalmente se consultaron mapas de amenaza geológica y mapas estructurales en entidades tales como el Servicio Geológico de Colombia, la Universidad Nacional de Colombia, y se procedió a evaluar la calidad y grado de detalle de la información compilada, para su procesamiento y consolidación, de manera que sirviera de soporte de interés a las labores de verificación y evaluación in situ en las labores de campo.

En desarrollo de las actividades de campo y con el propósito de desarrollar apropiada caracterización de las unidades geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas y de los procesos tectónicos y morfodinámicos base para la identificación de procesos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo conexas, se realizó levantamiento de información detallada por cada estación desarrollada, mediante la identificación y georeferenciación de afloramientos de roca, materiales presentes y explotaciones mineras en el área de estudio, caracterización de los procesos erosivos, potencial afectación de infraestructura y verificación de la cartografía temática desde altos topográficos con buena visual, se realizaron dos tipos de estaciones las cuales se georeferenciaron con el formato de posición que se muestra en la Tabla 4.18 y se definen a continuación:

Tabla 4. 18. Formato de posición.

Origen de longitud	W 074°04,855'
Escala	1,0
Este falso	1.000.000,0
Norte falso	491.767,5
Datum	WGS 84

- **Estación afloramiento de roca “in-situ”.** Realizadas en los casos donde la roca “in-situ” se encuentra aflorando por tres factores principales, uno es por presentarse en el talud de la carretera, otro, cuando un drenaje presenta suficiente energía para erosionar la roca y dejarla expuesta en la superficie, en el caso muy esperado, cuando se presenta un afloramiento de cantera. En esta estación se recolectan la mayoría de datos litológicos, estructurales y estratigráficos que se han posibles determinar, y se reconocen otros procesos existentes como remoción en masa.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-51



- **Estación Panorámica.** Este tipo de estación se lleva a cabo en altos topográficos donde se permite tener una vista regional del paisaje y relieve, permitiendo evaluar los rasgos geodinámicos que modelan la superficie terrestre y definir unidades geomorfológicas presentes y algunos riesgos y amenazas presentes como procesos de remoción en masa e inundación.

Se realizaron un total de 22 estaciones geológicas, las cuales se encuentra referenciadas en la Tabla 4.19.

**Tabla 4. 19. Estaciones realizadas en la comisión de campo en la zona de estudio, paramos de Castillejo y Cristales.**

ESTACIÓN	X	Y	Z	UNIDAD GEOLÓGICA
Cantera 1	1.062.153	1.068.955	3.186	K2d- Formación Arenisca Dura
Remo 1	1.067.866	1.069.064	2.558	K2E1g – Formación Guaduas
Panorámica 1	1.065.480	1.070.122	2.840	
Mina de carbón	1.065.556	1.069.789	2.864	E1c – Formación Cacho y K2E1g – Formación Guaduas
Punto Control Guaduas	1.067.551	1.070.877	2.869	K2E1g – Formación Guaduas
Depósito fluvio glaciar	1.066.900	1.068.949	2.733	Qfg – Depósitos Fluvio Glaciares
Plaeners y Arcillolitas	1.066.841	1.068.879	2.763	K2p – Formación Plaeners
Cuarzoarenitas, arcillolitas y plaeners	1.067.027	1.068.759	2.701	K2p – Formación Plaeners
Cantera plaeners y arcillolitas 1	1.066.527	1.077.941	2.872	K2p – Formación Plaeners
Cantera Plaeners y arcillolitas 2	1.064.876	1.077.301	2.782	K2p – Formación Plaeners
Cantera La Capilla	1.068.372	1.057.826	2.097	K1K2U1 – Formación Une Superior
Cascada El Retiro	1.067.808	1.059.832	2.618	K1K2U2 – Formación Une Superior; Qco – Depósitos Coluviales
Depósitos Fluvio Glaciares, El Retiro	1.068.854	1.058.824	2.380	Qfg – Depósitos Fluvio Glaciares.
Shales, El Retiro	1.068.693	1.058.335	2.234	K1K2U1 – Formación Une Inferior
Zona de Remoción en Masa, Barro Blanco	1.070.460	1.058.335	2.234	K1f – Formación Fomeque

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

ESTACIÓN	X	Y	Z	UNIDAD GEOLÓGICA
Infraestructura vial afectada, Barro Blanco	1.071.354	1.057.251	2.121	
Lodolitas negras, Barro Blanco	1.071.196	1.057.437	2.130	K1f – Formación Fomeque
Cantera de recebo, Pachavita	1.074.883	1.061.337	1.922	K1K2U2 – Formación Une Superior
Cantera Plaeners 3	1.074.769	1.066.903	2.284	K2d - Formación Arenisca Dura
Proceso de remoción en masa, Vereda La Palma.	1.073.105	1.067.208	2.407	Qfg - Depósitos Fluvio Glaciares
Cantera en Deposito Glaciar	1.072.418	1.065.801	2.725	Qfg - Depósitos Fluvio Glaciares
Escarpe Las Antenas	1.073.437	1.065.795	2.808	K2d – Formación Arenisca Dura

#### 4.1.3.1 Marco geológico regional

##### ◆ Cordillera Oriental

Por sus características geomorfológicas, litológicas y estructurales la Cordillera Oriental se ha definido como una provincia geográfica de cinturón orogénico divergente o cordillera de plegamiento, cuya fase principal de levantamiento se desarrolló posterior al Mioceno medio (Van der Hammen, 1958), con la reactivación e inversión tectónica de fallas normales provenientes de antiguas cuencas extensionales del Jurásico superior y Cretácico inferior (Colleta *et al.*, 1990; Cooper *et al.*, 1995; Mora *et al.*, 2006). El basamento fundamentalmente fue generado durante el Precámbrico y el Paleozoico, con un techo conformado por rocas sedimentarias Mesozoicas y Cenozoicas.

Geomorfológicamente la cordillera presenta una alineación preferencial de dirección NE y presenta su altura máxima a los 5.495 m en el pico Ritak'awa Blanco en la Sierra Nevada del Cocuy, más adelante en el departamento de Santander se presenta una bifurcación, generando la Serranía del Perijá y Los Andes de Mérida, alineada en dirección Norte y Noreste respectivamente.

##### \* Distrito Regional de Manejo Integrado - DRMI

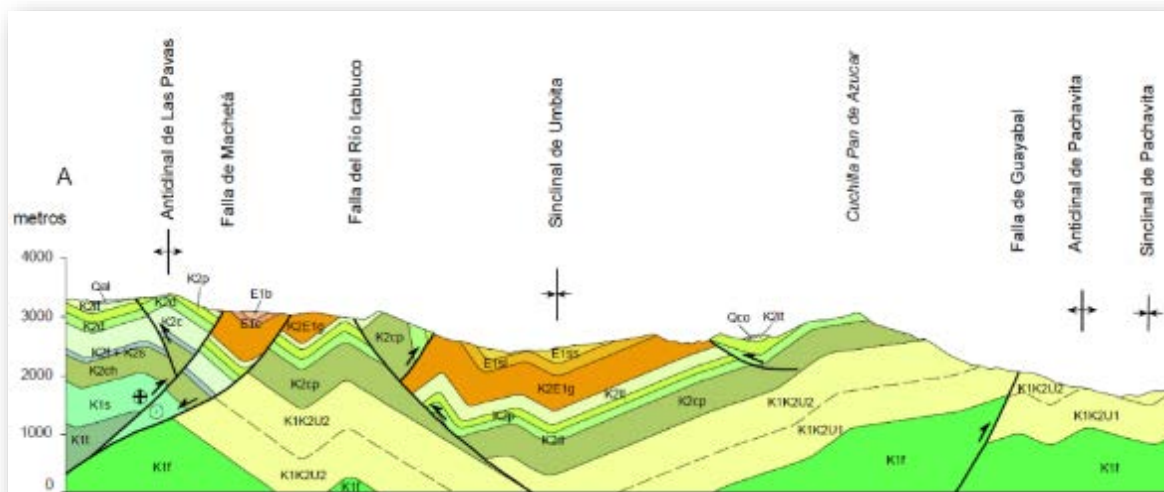
Geológicamente la zona fue caracterizada y cartografiada por INGEOMINAS dentro de la Plancha Geológica 210-Guateque (Escala 1:100.000), en donde de forma general la sucesión litoestratigráfica inicia con una secuencia basal areno-lodosa del Paleozoico Superior correspondiente al Grupo Farallones (Segovia y Renzoni, 1965), seguida en contacto disconforme de las unidades basales del Cretácico Inferior, correspondientes a la Formación Batá o Santa Rosa y Chivor, tiempo durante el cual se registraron los primeros

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-53

avances del mar sobre esta región. Esta configuración tectónica de fallamiento normal activo contemporáneo con la sedimentación favoreció la existencia de variaciones de espesor y cambios de facies laterales en las unidades involucradas (Guerra, 1972; Mora *et al.*, 2006), características evidentes en las formaciones Batá y Santa Rosa, que son coetáneas y heterópicas. Igualmente hace parte de este proceso “sinrift” la formación Chivor, que se encuentra como techo de la formación Santa Rosa<sup>3</sup>.

Las unidades de esta edad corresponden a una espesa cuenca sedimentaria “sinrift”, constituida por las unidades antes citadas y la Formaciones Lutitas de Macanal, Las Juntas, Fómeque y la parte inferior de la Formación Une (Etayo, *et al.*, 1969; Fabre, 1987; Etayo, *et al.*, 1997; Sarmiento 2001; Mora *et al.*, 2006), que deben su origen a una cuenca extensional de tipo “rift” activa desde el Triásico hasta finales del Cretáceo Inferior (Figura 4.33).

**Figura 4. 33. Perfil geológico del área abarcada por el DRMI, donde se encuentran las diferentes unidades litológicas y los principales rasgos estructurales del área de estudio.**



**Fuente:** Tomado y modificado de: INGEOMINAS. Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010.

Con respecto a la fase “post-rift”, se depositaron las formaciones Une, Chipaque, Grupo Guadalupe y Guaduas. En el flanco Oeste del sinclinal de Úmbita aparecen las formaciones Conejo y Lidita Superior (considerada coetánea y heterópica con las Formaciones Chipaque y Arenisca Dura, respectivamente).

<sup>3</sup> Tomado y modificado de: INGEOMINAS. Memoria Explicativa: Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010. Pág. 28 y 29.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



Las formaciones Cacho, Bogotá, Socha Inferior, Socha Superior y Concentración, representan la fase de sedimentación previa a la inversión del Rift. Con respecto a los rellenos cuaternarios, se desarrollaron como productos finales de la fase de sedimentación simultánea a la inversión del Rift.

#### 4.1.3.2 Marco geológico del DRMI

##### ♦ Estratigrafía<sup>4</sup>

Alrededor del DRMI se encuentran y afloran principalmente rocas sedimentarias, de origen continental y marino con edades que van desde el cretácico hasta el cuaternario.

A continuación se hace una descripción de las unidades para la zona de estudio en orden cronológico de la más antigua a la más reciente (Figuras 4.34 y 4.35, y Mapa 8 del Anexo cartográfico).

##### \* **Unidades del Cretácico**

En general la formación de rocas sedimentarias en el periodo Cretácico es producto de la depositación de sedimentos de origen marino, durante el ingreso del mar a la región en estudio, específicamente durante el piso Berriasiano. El cual estuvo controlado por la paleotopografía existente (entrantes y salientes de la línea costera) generada por las rocas del Grupo Farallones, y por paleofallas normales que actuaron al mismo tiempo de la sedimentación; factores que en conjunto determinaron el tipo de material que se depositó, de tal forma que mientras en un sector se depositaban arenitas y/o conglomerados, en otro lugar rocas de textura fina, tanto siliciclásticas como calcáreas (arcillolitas, lodolitas, limolitas o calizas), en diferentes ambientes y condiciones de acumulación. Este contexto tectonoestratigráfico hizo posible que sobre el basamento paleozoico las unidades cretácicas basales muestren variaciones de espesor y cambios faciales laterales, encontrando en algunos sectores unidades coetáneas y heterópicas.

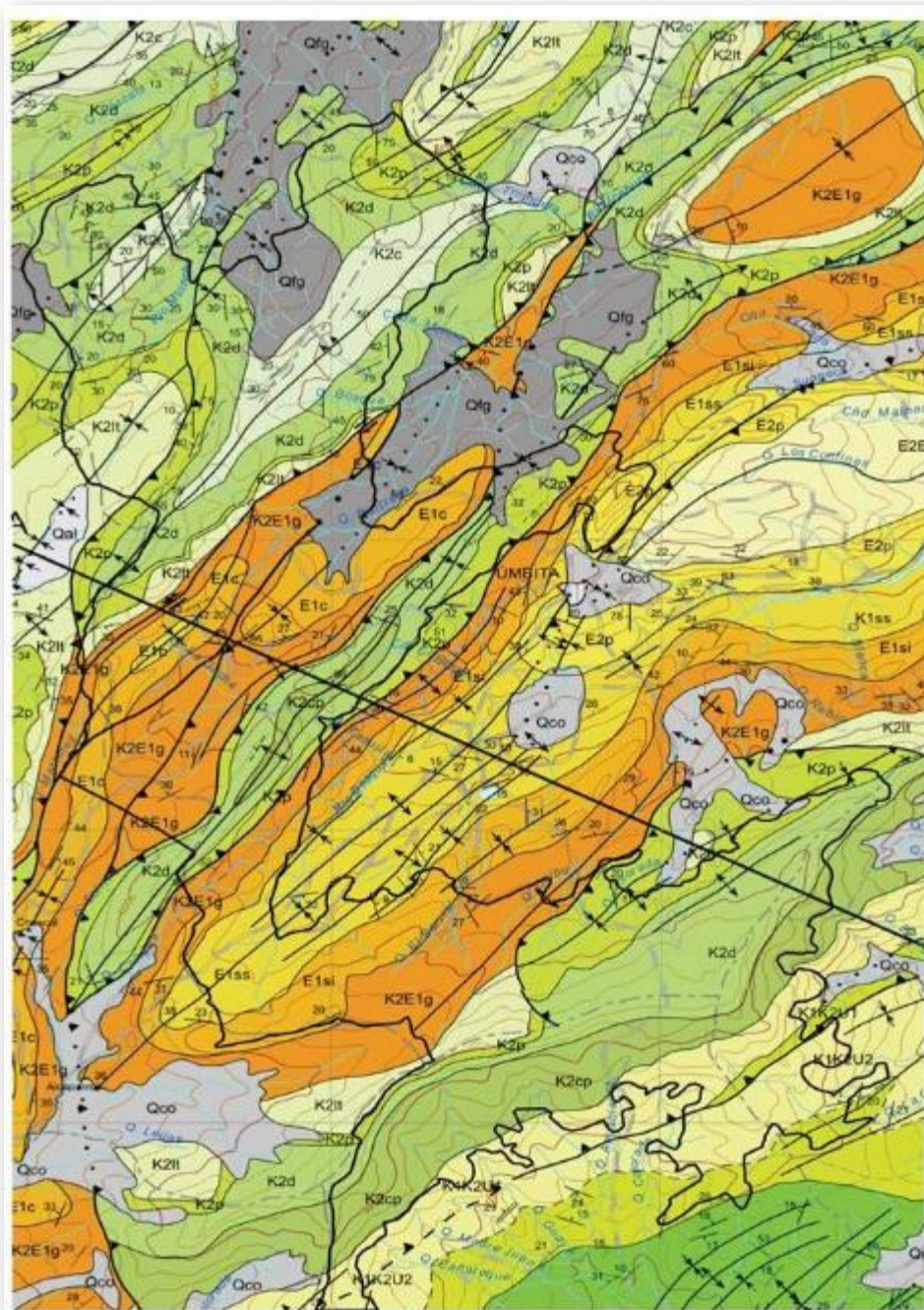
En la zona que abarcan los páramos de Cristales y Castillejo el INGEOMINAS cartografió cinco unidades correspondientes a las formaciones Fόμεque (Barremiano-Albiano inferior?), Une (Albiano medio-Cenomaniano), Chipaque (Cenomaniano- Santoniano), Conejo (Coniaciano-Santoniano) y Grupo Guadalupe (Campaniano- Maastrichtiano).

<sup>4</sup> Tomado y modificado de: INGEOMINAS. Memoria Explicativa: Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010. Pág. 33-111.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-55



Figura 4. 34. Mapa geológico del área abarcada por el DRMI, donde se encuentran las diferentes unidades litológicas y los principales rasgos estructurales del área de estudio.

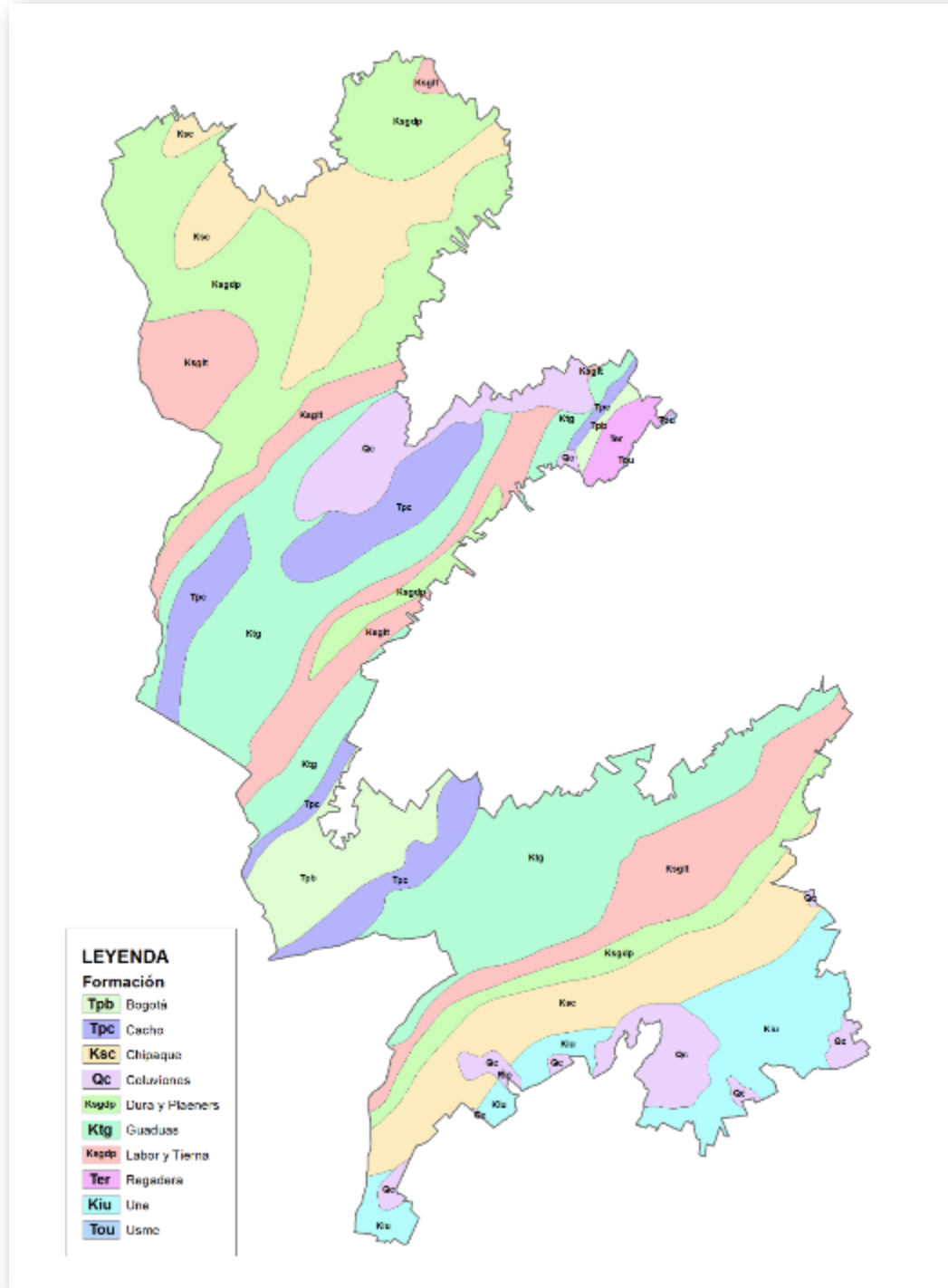


**Fuente:** Modificado de: INGEOMINAS. Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, et al., Bogotá, 2010.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



Figura 4. 35. Unidades geológicas del DRMI.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



➤ **Formación Une Inferior y Superior (K1K2U y K1K2U2)**

La Formación Une aflora extensamente en la región central de la Plancha 210- Guateque desde la población Tibirita hasta el municipio de Zetaquirá, ocupando el núcleo de grandes y amplias estructuras sinclinales como el Sinclinal de Almeida-Mamapacha y Pachavita; sin embargo dentro del área de estudio solamente se encuentra en el sector suroeste del Páramo de Cristales.

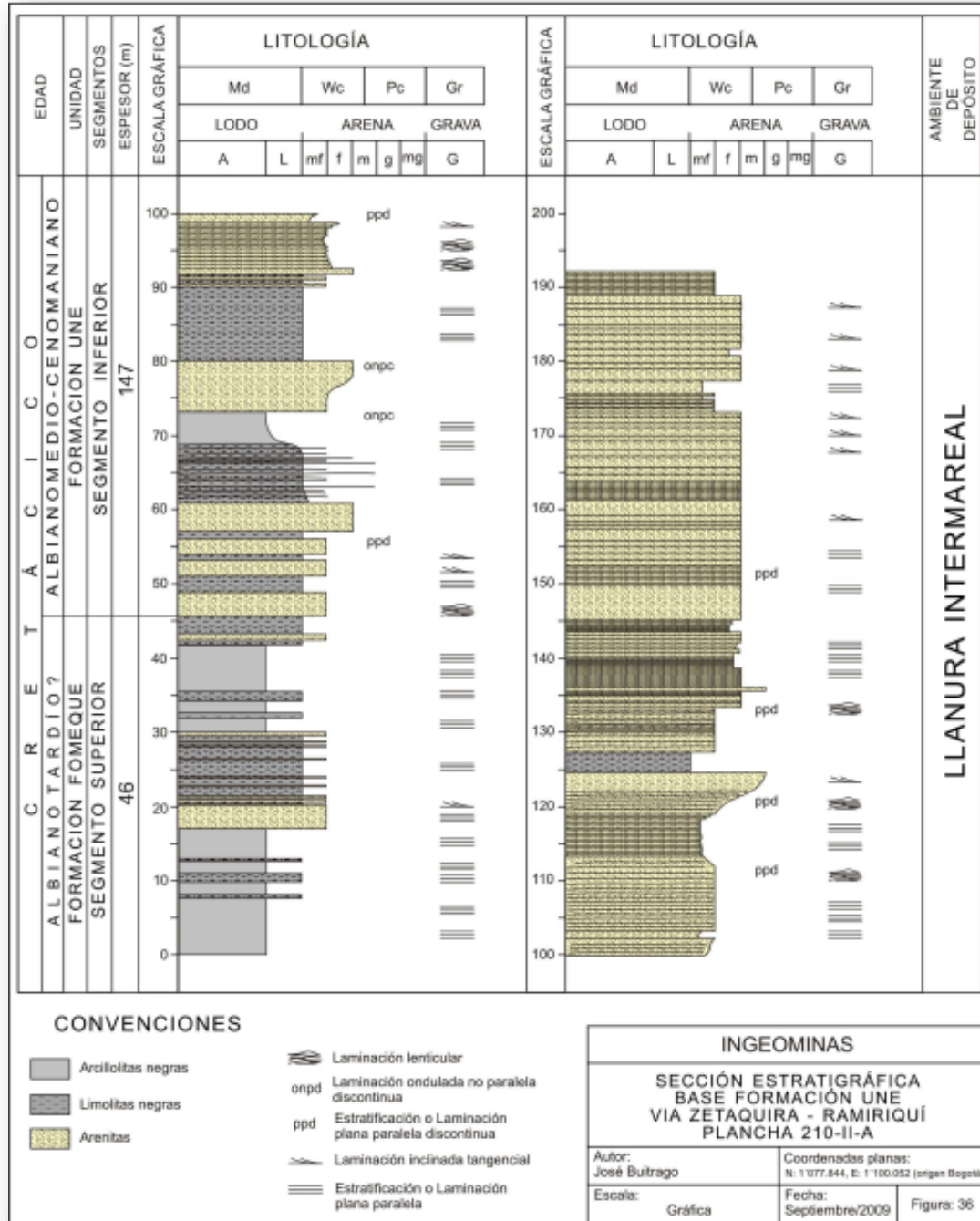
Por su composición litológica principalmente de arenitas genera morfología escarpada reconocible en varias de las cuchillas más importantes del sector suroeste de la zona de estudio.

- **Nombre y sección tipo.** Nombre propuesto por Hubach (1931) refiriéndose al conjunto medio del Piso de Villeta, el cual denominó Areniscas de Une en la región oriental de Bogotá (occidente de Ubaque y Choachí) y que está formado por 400 a 500 m de areniscas principalmente; según este autor la unidad se localiza entre el Aptiano y el Cenomaniano (edad Albiano)". Posteriormente, Renzoni (1962), suprime el término litológico que acompañaba al nombre de la unidad denominándola como Formación Une, nomenclatura que se ha utilizado hasta la actualidad. Julivert (1968), indica que el nombre proviene del municipio de Une; la localidad tipo es por la carretera Bogotá-Villavicencio entre Chipaque y Cáqueza<sup>5</sup> (Figura 4.36).
- **Descripción litológica.** Se encuentran afloramientos en los niveles arenosos ya que los intervalos arcillosos generalmente están cubiertos por suelo residual o depósitos de pendiente. La unidad está constituida por bancos gruesos, medianos y delgados de cuarzoarenitas de color gris oscuro a medio (meteorizada a tonos gris claro o amarillentos) con textura muy fina y fina, moderadamente a bien calibradas, maduras, con cemento silíceo, micáceas y con bioturbación baja; la forma de las capas es tabular y lenticular, frecuentemente con estratificación interna inclinada en artesa (sugiriendo migración lateral de canales); se intercalan con las arenitas capas gruesas y delgadas de arcillolita gris oscuro o negro, algo limosa, laminada internamente o maciza; hacia el sector de Chinavita y Pachavita se encuentran algunos niveles delgados de carbón. En la franja localizada desde Tibirita hasta el municipio de Zetaquirá que incluye los municipios de Pachavita y Chinavita el INGEOMINAS cartografió dos conjuntos litológicos en la Formación Une denominados informalmente como K1K2u1 (Une inferior) y K1K2u2 (Une superior). Estos conjuntos presentan niveles de 50 a 60 m de arenitas en la base o en el techo, lo que permitió su diferenciación morfológica tanto de la infrayacente Formación Fόμεque como de la suprayacente Formación Chipaque.

<sup>5</sup> Tomado de: INGEOMINAS. Memoria Explicativa: Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, et al., Bogotá, 2010. Pág. 64.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Figura 4. 36. Sección Estratigráfica base de la formación Une.



Fuente: Modificado de: INGEOMINAS. Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, et al., Bogotá, 2010.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** La edad establecida por posición estratigráfica es Albiano medio-Cenomaniano. El límite inferior con la Formación Fόμεque es concordante transicional; el límite superior con la Formación Chipaque es concordante neto. El espesor de la Formación Une es de por lo menos 1.300 m sobre el flanco oriental del Sinclinal de Úmbita de los cuales 600 m corresponden al conjunto inferior y 700 m al superior. Hacia el costado suroriental de la Plancha 210-Guateque, en el flanco oriental del Sinclinal de Nazareth, se estimaron 1.400 m de espesor. Montoya & Reyes (2003) reportan 1.432 m en una sección levantada por la carretera Manta- Machetá en la Plancha 209-Zipaquirá.
- **Afloramientos en el área de estudio.** Se presentan los siguientes afloramientos:
  - **K1K2U1 – Formación Une Superior:** En la vereda Camagoa en el municipio La Capilla, aflora un segmento de 15 m de espesor compuesta de base a tope en los primeros 5 m con capas gruesas a medias de lodolitas grises intercaladas con cuarzoarenitas blancas a amarillas si están alteradas bien cementadas en capas delgadas, los siguientes 5 m se componen de cuarzoarenitas en capas medias con intercalaciones de lodolitas grises y shales negros en láminas, y los últimos 5 m se componen de capas medias de lodolitas y cuarzoarenitas en capas medias. Las cuarzoarenitas y lodolitas se encuentran ricas en moscovita alrededor de un 15 %, la sucesión se encuentra orientada N20°E / NW, y se encuentra interrumpida por un plano de falla orientada N60°E / 70°SE.

A 3 km al NW del municipio de La Capilla se encontró una sucesión de shales negros de 8 metros de espesor en el talud de la vía El Retiro y La Capilla, de shales negros en láminas (Foto 4.2).

**Foto 4. 2. La Formación Une Inferior se encuentra intersectada por un falla orientada N60°E / 70°SE.**



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-60

- **K1K2U2 – Formación Une Superior:** Se encuentra un escarpe de unos 50 metros de altura con pendientes de 60° a 70° y una quebrada encañonada donde afloran 30 m de espesor de un segmento compuesto de capas medias a muy gruesas (hasta de 2 m de espesor), de tamaño de grano arena media a fina, con esporádicas capas delgadas de cuarzoarenitas con abundantes líticos (hasta 15%) de color blanco hueso y amarillas cuando están alteradas, con estratificación levemente lenticular a planoparalelas orientadas N70°E / 22°NW (Foto 4.3).

**Foto 4. 3. Capas medias a muy gruesas de cuarzoarenitas de grano medio a fino con abundantes líticos.**



- En la vereda Sacaneca Alta en el municipio de Pachavita se encuentra una cantera de recebo con dimensiones de 50 x 12 x 20 m, en la cantera afloran 50 m de espesor de una sucesión compuesta de capas medias a gruesas de cuarzo arenita de grano medio a fino, con moscovita al 15%, se encuentran esporádicas intercalaciones de limolitas en capas muy delgadas. La morfología de las capas es levemente lenticular a plano paralela.
- Las cuarzo arenitas presentan cuarzo, moscovita y líticos, la sucesión se encuentra orientada N56°E / 40° SE, esta sucesión se encuentra interrumpida por espejos de fallas verticales orientados N12°W, los espejos de falla presentan estrías con dato estructural S56°W / 22°, eso puede evidenciar esfuerzos tectónicos en dirección SW-NE, de tipo inverso relacionado a la neotectónica local y el reactivamiento de fallas inversas en planos de fallas normales antiguas (Foto 4.4).

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



Foto 4. 4. Espejo de falla con estrías en rojo, se desarrolla una amalgama silícea, vereda Sacaneca, Municipio Pachavita.



#### ➤ Formación Chipaque (K2cp)

La Formación Chipaque aparece en el sector medio del Páramo de Cristales, conformando una franja orientada en sentido SW-NE. La unidad aflora en los flancos del Sinclinal de Pachavita, en el flanco occidental del Sinclinal de Úmbita sobre la cuchilla Pan de Azúcar, y en el bloque colgante de la Falla del Río Icabuco, en donde se halla plegada y fallada, cabalgando sobre sí misma y sobre rocas del Paleógeno (formaciones Guaduas, Socha Inferior y Socha Superior) y Cretácico más superior (Grupo Guadalupe).

- **Nombre y sección tipo.** Denominada por Hubach (1931), a las rocas que afloran desde la angostura del río Une (en Cáqueza) hasta la región de Chipaque como Piso de Villeta, abarcando la sucesión que se desarrolla encima de las Areniscas de Cáqueza y subyace al Piso de Guadalupe. Lo subdivide en tres conjuntos bien destacados, el inferior lo llamó Conjunto de Fómeque, le siguen las Areniscas de Une y al conjunto superior lo llamó Conjunto de Chipaque.

Posteriormente, Renzoni (1962), denomina como Formación Chipaque al intervalo estratigráfico que descansa sobre la Formación Une e infrayace a la Formación Arenisca Dura (base del Grupo Guadalupe), es decir, incluye tanto al Conjunto de Chipaque como a la secuencia que Hubach (1931, 1957a) denominó como Guadalupe Inferior, pues, según Renzoni (1962), no existen diferencias litológicas que justifiquen tal separación; es en este sentido que se cartografió la Formación Chipaque en el área de estudio. El nombre posiblemente provenga del municipio del

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-62





mismo nombre y su localidad tipo es por la carretera Bogotá-Villavicencio en cercanías de la población de Chipaque<sup>6</sup>.

- **Descripción litológica.** Está conformada por arcillolitas de color gris oscuro, laminadas, meteorizadas, con intercalaciones tabulares de arenitas de cuarzo, de textura fina, maduras, con cemento silíceo, generalmente bioturbadas en la base de las capas, con espesor delgado hasta grueso. Según el INGEOMINAS cerca de la población de Chinavita aparecen intercalados tres mantos medianos de carbón dentro de una secuencia arcillosa-lodosa perteneciente a la base de la unidad. Los afloramientos de la Formación Chipaque en el área de estudio son muy puntuales, ya que por su carácter arcilloso casi siempre están cubiertos por suelos residuales o coluviones.
- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Está limitada por la parte superior con la Formación Arenisca Dura, y aunque está cubierto se considera concordante neto, lo mismo que el límite inferior con la Formación Une. Montoya & Reyes (2003), en la plancha 209-Zipacquirá contigua a la plancha 210, le asignan edad Cenomaniano tardío-Santoniano. Guerrero & Sarmiento (1996) con base en datos palinológicos piensan que la base de la unidad es del Turoniano temprano y su techo Santoniano en una sección levantada sobre el flanco W del Sinclinal de Nazareth en cercanías de San Luis de Gaceno. El espesor de la Formación Chipaque, calculado por corte geológico, sobre el flanco occidental del Sinclinal de Úmbita es de por lo menos 450 m. Guerrero & Sarmiento (1996) reportan 565 m en la sección de San Luis de Gaceno.

### ➤ Grupo Guadalupe (K2g)

En el área comprendida por el DRMI enmarcada en el costado noroccidental de la Plancha 210-Guateque, el Grupo Guadalupe aflora en varias franjas orientada en sentido SW-NE que hace parte de los flancos del Sinclinal de Úmbita y Anticlinal de Las Pavas y de otros pliegues anticlinales y sinclinales de menor importancia.

Litológicamente está conformado de base a techo por las formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna. Hacia el extremo más NW de la Plancha 210-Guateque aparece la Formación Lidita Superior que se considera coetánea y heterópica con la Formación Arenisca Dura, unidad que ya había sido reconocida y cartografiada en sectores de la Plancha 209-Zipacquirá y Sabana de Bogotá por Montoya & Reyes (2003, 2007), no obstante, en esta parte de la cordillera oriental siempre fue confundida con la Formación Plaeners debido a la similitud litológica entre las dos unidades, especialmente por el contenido de porcelanitas y cherts en capas delgadas que fracturan prismáticamente; la Formación Lidita Superior hace parte del Grupo Olini en el Valle Superior del Magdalena.

<sup>6</sup> Tomado de: INGEOMINAS. Memoria Explicativa: Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, et al., Bogotá, 2010. Pág. 71.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-63



- **Nombre y sección tipo.** De acuerdo con Julivert (1968) “el origen del nombre proviene del Cerro Guadalupe, al Oriente de Bogotá. La descripción original de la unidad se debe a Hettner (1892) quien establece la subdivisión del Cretáceo de la Cordillera Oriental en Guadalupe y Villeta. El Guadalupe limita por su parte superior con La Formación Guaduas (término con el cual Hettner comprendía los sedimentos arcillosos rojos y abigarrados de la Cordillera Oriental en su sector de Sabanas y los niveles de areniscas y conglomerados intercalados)”<sup>7</sup>.
- **Descripción litológica.** En la memoria explicativa de la plancha 210-Guateque se levantó una sección estratigráfica del Grupo Guadalupe en el Alto del Volador, la que se describirá a continuación de base a techo (Ilustración 11). Se distinguen claramente las cuatro formaciones del grupo, sin embargo, tanto el contacto inferior con la Formación Chipaque y el superior con la Formación Guaduas están cubiertos, faltando unos pocos metros de la base de la Arenisca Dura y aflorando bien solamente los primeros 6 m de la Arenisca Tierna. El espesor del Guadalupe en esta sección es de 300 m, de los cuales 120 m (incompleto) son para la Arenisca Dura, 133 m para Los Plaeners, 41 m para la Arenisca de Labor y 5 m (incompleto) para la Arenisca Tierna. La Arenisca de Labor está separada de la Arenisca Tierna por un intervalo arcilloso delgado de unos 6 m de espesor, el cual hacia el costado oriental del Río Garagoa se engruesa y alcanza por lo menos 90 m de espesor, sin embargo, unos 3 km más al NE, este nivel desaparece y no se pueden separar, litológicamente ni cartográficamente, la Arenisca de Labor de la Arenisca Tierna, y es por esta razón que en el mapa geológico de la Plancha 210-Guateque estas unidades aparecen como una sola unidad cartográfica denominada Arenisca de Labor y Tierna.

Morfológicamente se diferencian muy bien tres niveles en el Grupo Guadalupe, un nivel inferior (Arenisca Dura) y otro superior (Arenisca de Labor y Tierna) separados por un nivel blando correspondiente a Los Plaeners (Figura 4.37).

A continuación se hace una descripción litológica general del Grupo Guadalupe:

- **Arenisca Dura (K2d):** Cuarzoarenitas de color naranja grisáceo, naranja amarillento o marrón amarillento por meteorización, textura muy fina a fina, maduras, algo micáceas y glauconíticas (al techo especialmente), en capas con estratificación delgada hasta muy gruesa, plana paralela (continua o discontinua) y laminación interna delgada-mediana, ligeramente ondulosa paralela discontinua o aspecto macizo; se intercalan porcelanitas color gris parduzco y negro oliva, en conjuntos de capas delgadas y medianas, plano-paralelas (tabulares), entre 1 y 6 m de espesor con laminación interna delgada a mediana plana paralela (continua y discontinua) y partición prismática característica, y también arcillolitas de color gris medio en capas muy gruesas y medianas con laminación delgada plana paralela discontinua, poco carbonosa, con

<sup>7</sup> Tomado de: INGEOMINAS. Memoria Explicativa: Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100000. Terraza R, et al., Bogotá, 2010. Pág. 77-78.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

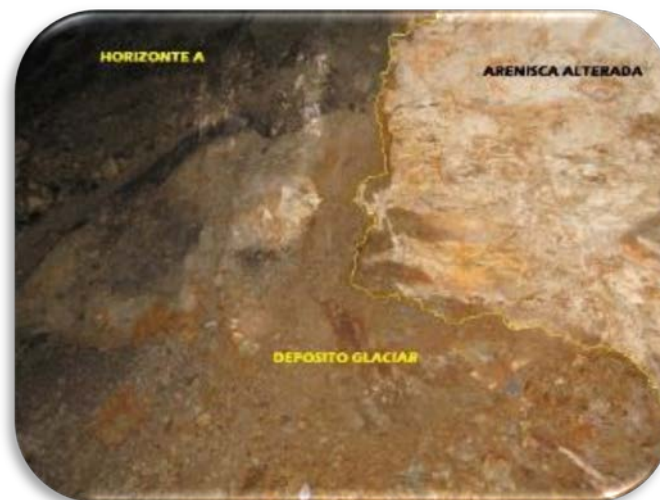
rompimiento en esquirlas, bloques y astillas. Con las porcelanitas son frecuentes las intercalaciones de chert y ocasionalmente capas medianas hasta muy gruesas de fosforitas; son comunes los foraminíferos bentónicos aunque los planctónicos se observaron en la base. En la parte baja y techo aparecen conjuntos de limolitas de cuarzo.

➤ **Afloramientos en el área de estudio**

- ✓ En la vereda de Nueve Pilas al NW del municipio de Úmbita se encuentra una cantera donde se extrae material arenoso y de mala selección con abundantes guijos a bloques angulares soportados en una matriz de arena media a gruesa, fijado a un costado de la ladera, se puede entender como una morrena lateral con un ancho de 50 m y un alto de 30 metros con una variación longitudinal por los cambios topográficos, se encuentra contactos entre el deposito glaciario y areniscas de grano muy fino de color negro con estratificación plano paralela aflora una secuencia de 20 metros de espesor buzando al sur oriente, en este contacto se observan las areniscas fuertemente alteradas y el deposito glaciario con guijos y cantos de areniscas grises y lodolita. La cantera presenta una vía auxiliar en forma de rampa de 100 metros que comunica el lugar de la extracción y la vía Villapinzón – Úmbita (Foto 4.5).

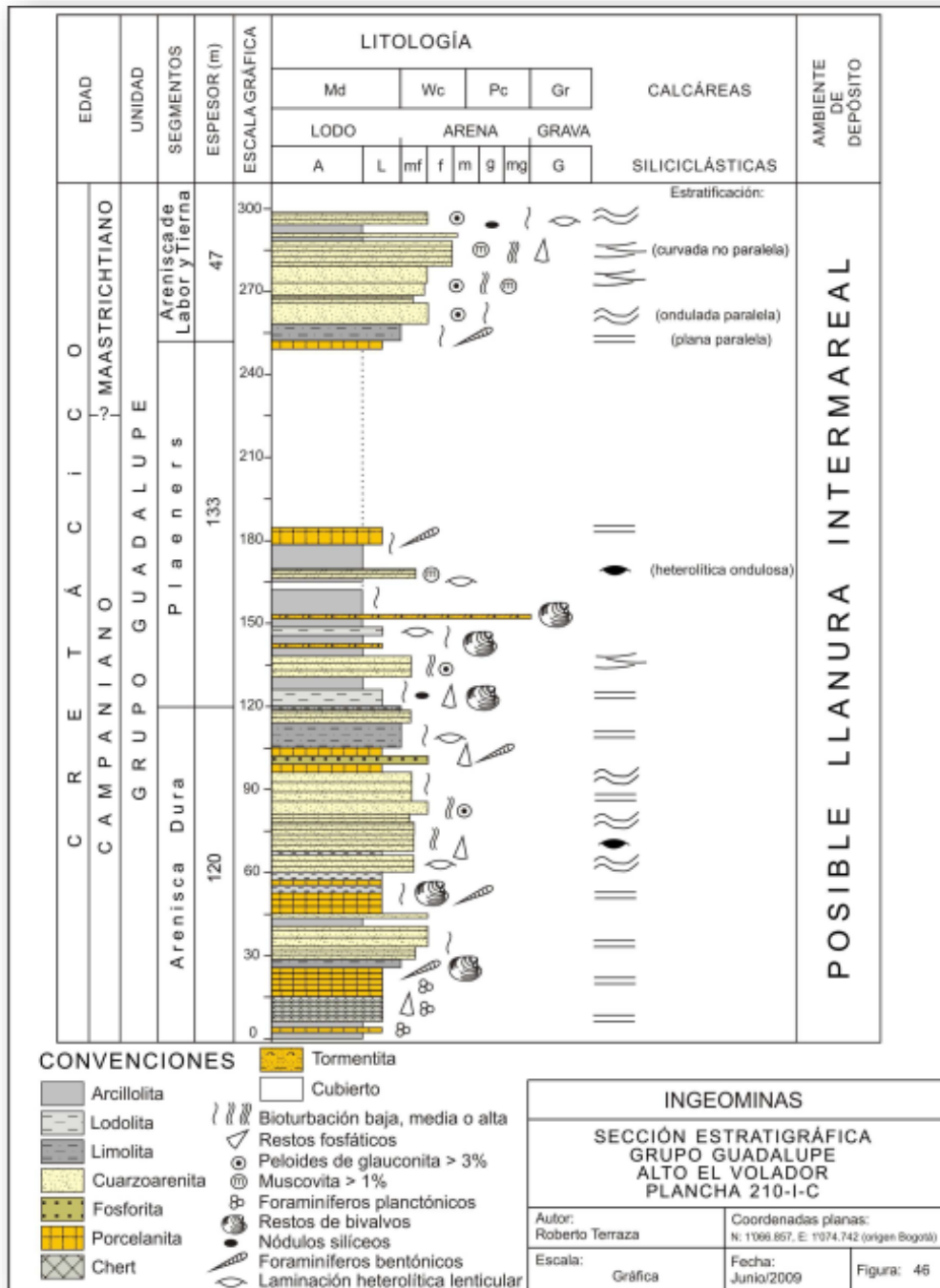
El material extraído es utilizado como material de recebo en las vías y construcción local.

**Foto 4. 5. Contacto erosivo entre morrena lateral y lodolitas.**



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-65

Figura 4. 37. Sección Estratigráfica Grupo Guadalupe.



Fuente: INGEOMINAS. Memoria Explicativa: Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, et al., Bogotá, 2010. Pág. 79.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

- ✓ En la vereda Suaquira Arriba al NW del municipio de Pachavita, se encuentra un afloramiento muy bueno con dimensiones de 25 x 30 x 5 m, aflora una sucesión de 20 m de espesor compuesta de lilitas grises en capas medias a delgadas con esporádicas capas medias y delgadas de lodolitas grises, los plaeners presentan un contenido de foraminíferos y bivalvos bajo en comparación a afloramientos locales más ricos, de base a tope se encuentra a los 15 m una capa gruesa de cuarzoarenita bien cementada de tamaño de grano arena muy fina y de color blanco hueso. La sucesión está orientada estructuralmente hacia N74°E / 29°NW (Foto 4.6).

**Foto 4. 6. Cantera de recebo con plaeners en la vereda Soaquira Arriba, municipio de Úmbita.**



- ✓ En el límite de las veredas Sacaneca Arriba y La Palma se encuentra un escarpe muy fuerte donde afloran bancos de capas muy gruesas de cuarzo arenitas de grano muy fino y de color blanco muy bien cementadas. La sucesión se encuentra orientada estructuralmente N37°E / 20°NW. Se generan pendientes de 90° por la competencia de la unidad (Estación: Escarpe Las Antenas) (Foto 4.7).
- **Plaeners (K2p):** Aflora aproximadamente un 50% de esta unidad la cual está cubierta por coluviones. Se compone de arcillolitas de color gris medio y claro, meteorizadas, muy poco carbonosas en las cuales se intercalan cuarzoarenitas (muy finas, maduras), tormentitas de fragmentos de bivalvos, lodolitas y porcelanitas.
- **Afloramientos en el área de estudio**
  - ✓ Se encuentra una sucesión de 1,5 m de espesor, a 2 km al W de Úmbita, en la vía que comunica la vereda El Chuscal y Úmbita, compuesta de

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-67



plaeners en capas delgadas a medias y con esporádicas láminas de arcillolitas grises con estratificación planoparalela, orientadas N74°E / 35°SE (Estación: Plaeners y Arcillolitas) (Foto 4.8).

**Foto 4. 7. Límite entre las veredas Sacaneca Arriba y La Palma, Formación Arenisca Dura.**



**Foto 4. 8. Contacto entre capa de plaeners y láminas de arcillolita grises de la Formación Plaeners.**



- ✓ A 2 km al W del casco urbano del municipio de Úmbita, en la vía El Chuscal – Úmbita, se encuentra en el talud de la carretera un afloramiento de 20 x 15 m, y se encuentra una sucesión estratigráfica de

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-68



intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino a muy fino en capas gruesas interdigitadas con capas medias de lodolitas y arcillolitas de color gris claro, con esporádicas capas de delgadas de plaeners, con estratificación planoparalela orientadas estructuralmente N28°E / 36°NW, este afloramiento presenta procesos de remoción en masa que en las épocas del año lluviosas se presentan derrumbes que cubren toda la vía, dificultando la movilidad entre la vereda El Chuscal y Umbita (Estación: Cuarzoarenitas, arcillolitas y plaeners) (Foto 4.9).

**Foto 4. 9. Procesos de remoción en masa de la Formación Plaeners, este derrumbe amenaza con cubrir la vía en épocas lluviosas.**



- ✓ Se encuentra una cantera donde se explota material de recebo en la vereda Pozo Negro con un área de 12 x 25 m, y se encuentra activa actualmente. Aflora una sucesión de 60 m de espesor con capas delgadas con esporádicas capas medias de plaeners de color café claro, e intercaladas con arcillolitas blancas a grises en capas medias a delgadas, y de base a tope se encuentran en los primeros 20 m de espesor un predominio de las capas de plaeners, los restante 40 m están compuestos de intercalaciones de plaeners y arcillolitas, se encuentra orientado estructuralmente N54°W / 43°SW.

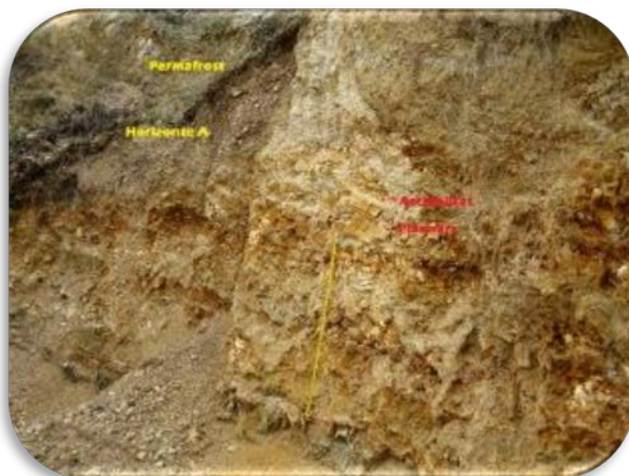
Las capas de plaeners se encuentran abundantes restos fósiles como restos de foraminíferos, bivalvos y otros restos fósiles (Cantera plaeners y arcillolitas 1) (Foto 4.10).

- ✓ En la vereda Pozo Negro del municipio de Turmequé se presenta una cantera para la extracción del recebo, con un área de explotación de 15 x 20 m, y una altura de 20 m, se encuentra una sucesión de 21 m de espesor de plaeners en capas delgadas intercaladas con arcillolitas

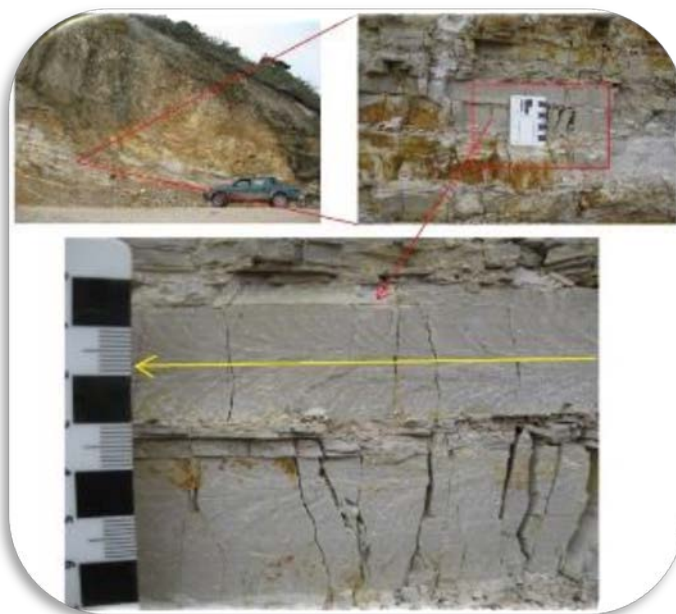
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-69

blancas a grises con material fósil como foraminíferos en poca proporción, se encuentran con una estratificación planoparalela y orientadas N60°W / 12°NE (Estación: Cantera Plaeners y arcillolitas 2) (Fotos 4.11 y 4.12).

**Foto 4. 10. Intercalación de plaeners con arcillolitas, vereda Pozo Negro, municipio de Turmequé, (escala 1 m.)**



**Foto 4. 11. Capas delgadas de plaeners con láminas de arcillolitas, la línea amarilla representa la dirección de propagación de la diaclasa.**



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-70

Foto 4. 12. Plaeners con abundante fauna fósil, entre estos foraminíferos plantónicos.



- **Arenisca de Labor-Tierna (K2lt):** Sucesión que inicia con unos 4 m de limolitas de cuarzo, suprayacidas por una secuencia de arenitas cuarzosas, de textura fina o muy fina con estratificación gruesa a muy gruesa, en capas cuneiformes, con bioturbación alta, micáceas, glauconíticas, generalmente friables y muy meteorizadas. La secuencia finaliza con 6m de arcillolitas con niveles de arenitas en su base y techo (intervalo que separa la Arenisca de labor de la Arenisca Tierna) terminando con 6 m de cuarzoarenitas de color gris muy claro o amarillento con estratificación delgada ondulosa paralela discontinua, glauconíticas, friables, que corresponden a la base de la Arenisca Tierna.
- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Los límites inferior con la Formación Chipaque y superior con la formación Guaduas del Grupo Guadalupe se consideran concordantes y netos. El límite Arenisca Dura-Plaeners se considera transicional lento (cambio de arenitas y limolitas cuarzosas del techo de la Arenisca Dura a lodolitas y arcillolitas de la base de la Formación Plaeners en 10 m estratigráficos). El límite Plaeners- Arenisca de Labor y Tierna es neto (cambio brusco de porcelanitas del techo de la Formación Plaeners a limolitas cuarzosas de la base de la Arenisca de Labor). Considerando que la suprayacente Formación Guaduas por palinología es de edad Maastrichtiano tardío-Paleoceno temprano (Sarmiento, 1992), y que la fauna de amonitas de la parte más alta de la infrayacente Formación Conejo es de edad Santoniano muy próximo al Campaniano (Montoya & Reyes, 2003; 2007), se infiere para el Grupo Guadalupe edad Campaniano-Maastrichtiano temprano. La fauna de amonitas y bivalvos (*Abruptolopha Abrupta*) de la Formación Plaeners indican edad Campaniano tardío a Maastrichtiano, lo cual concuerda con la edad planteada para el Grupo Guadalupe en la Plancha 210-Guateque. Para el Piedemonte Llanero Guerrero & Sarmiento (1996) plantean la misma edad para el Grupo Guadalupe subdividido de base a techo en las formaciones Arenitas de San

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-71



Antonio asignadas al Campaniano temprano, Lodolitas de Agua Caliente al Campaniano tardío y Arenitas de San Luis de Gaceno al Maastrichtiano temprano.

➤ **Formación Guaduas (K2E1g)**

Aflora principalmente en la parte central del DRMI, costado NW de la Plancha 210-Guateque, ocupando los flancos o el núcleo de varias estructuras sinclinales de las cuales la más importante es el Sinclinal de Úmbita.

- **Nombre y sección tipo.** Hettner (1892), denominó Guaduas (Guaduasschichten; Stufe der Guaduasschichten) a todos los materiales que en la región de Bogotá se encuentran por encima de la Formación Guadalupe (Guadalupeschilden de Hettner). Posteriormente Hubach (1931b, 1945c, 1957a; Hubach & Alvarado, 1932a) restringe el sentido del término. En el sentido actual, el Guaduas está limitado en su parte inferior por la Formación Guadalupe, y en la parte superior por la Arenisca Cacho. De Porta (1974) indica que “el nombre de esta unidad procede de la población de Guaduas situada en el borde occidental de la Cordillera Oriental sobre la carretera Bogotá-Honda<sup>8</sup>.
- **Descripción litológica.** Gracias a su posición estratigráfica entre la infrayacente Formación Arenisca de Labor y Tierna y la suprayacente Formación Cacho o Socha Inferior (unidades arenosas resistentes a la erosión); litológicamente está constituida predominantemente por arcillolitas con algunas intercalaciones de cuarzoarenitas, características que permiten que la Formación Guaduas geomorfológicamente tienda a generar zonas bajas en el terreno.

La Formación Guaduas presenta pocos afloramientos y además muy puntuales, debido a que casi siempre están cubiertos por depósitos de origen coluvial o se encuentran muy meteorizados, no obstante, es fácil de cartografiar por su expresión morfológica de bajos topográficos y porque en diferentes partes de la unidad aparecen mantos de carbón.

Las arcillolitas son de coloración gris pero generalmente se encuentran meteorizadas por lo cual toman coloración marrón pálido, naranja o amarillenta; se presentan en capas de diferente espesor sin laminación interna o con laminación heterolítica ondulosa y lenticular; en diferentes puntos de la secuencia es común observar niveles con nódulos ferruginosos muy meteorizados de coloración amarillenta con diámetros entre 2 y 7 cm.

- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Tanto el límite inferior (con la Formación Arenisca Tierna) como el límite superior (con la Formación Socha Inferior) son concordantes y netos. El espesor de la unidad reportado en una sección

<sup>8</sup> Tomado de: INGEOMINAS. Memoria Explicativa: Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100000. Terraza R, et al., Bogotá, 2010. Pág. 88-89.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



estratigráfica por la vía Pachavita - Úmbita fue de 510 m (Mejía, L. J.; Arboleda, C. y Mariño, J. A., 1982); Ulloa & Rodríguez (1979) reportan 446 m de espesor en la localidad de Pachavita - Chinavita; en el Sinclinal de Nazareth mediante corte geológico se estimaron 60 m de espesor. Guerrero & Sarmiento (1996) reportan 59 m de espesor para la Formación Guaduas en el sector de San Luis de Gaceno (15 km al sur del área de estudio sobre el flanco W del Sinclinal de Nazareth), que corresponden solamente a la parte inferior de la unidad debido a erosión previa al depósito de la Formación Socha Inferior, según estos autores (Foto 4.13).

**Foto 4. 13. Expresión geomorfológica (colinas bajas y valles poco profundos) de la Formación Guaduas (K<sub>2</sub>E<sub>1</sub>g) entre las formaciones Arenisca de Labor y Tierna (K<sub>2</sub>lt) y Socha Inferior (E<sub>1</sub>si).**



**Fuente:** INGEOMINAS. Memoria Explicativa: Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010. Pág. 90.

Sarmiento (1992) le asigna edad Maastrichtiano tardío-Paleoceno mediante palinología.

o **Afloramientos en el área de estudio**

- ✓ En la vereda El Chuscal, en el municipio de Úmbita se encuentra una mina de carbón y afloran lodolitas de color blanco hueso y abundante materia orgánica de la Formación Cacho y no es posible medir dato estructural, sin embargo el mineral es extraído en profundidad de la Formación Guaduas (Estación: Mina de carbón).

Se encuentra un afloramiento pequeño al costado de la Vía que comunica la Vereda El Chuscal con Úmbita, y afloran lodolitas grises laminadas con abundante láminas de materia orgánica, en este lugar aflora una secuencia de

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-73

2 metros de espesor orientada N80°E / 6°SE, sin embargo todo el segmento aparenta presentar un pequeño colapso por gravedad (Estación: Punto Control Guaduas) (Foto 4.14).

**Foto 4. 14. Lodolitas grises laminadas con abundante materia orgánica de la Formación Guaduas.**



\* **Unidades del Paleógeno**

Las unidades pertenecientes al sistema Paleógeno abarcan gran parte del área del DRMI, ubicándose en la parte media de los dos en franjas orientadas SW-NE y con respecto a la Plancha 210-Guateque está restringido principalmente al sector NW y en menor proporción a la zona SE. Éstas unidades afloran y se relacionan al Sinclinal de Úmbita y a otros pliegues sinclinales menores, y al SE, al Sinclinal de Nazaret. Para el Paleógeno se utiliza nomenclatura del área de la Sabana de Bogotá y alrededores (formaciones Cacho y Bogotá), de la región de Paz del Río del departamento de Boyacá (formaciones Socha Inferior, Socha Superior, Picacho y Concentración) y del Piedemonte Llanero (Formación Arenisca de El Limbo y San Fernando).

Las unidades Cacho-Bogotá y Socha Inferior-Socha Superior son equivalentes en posición estratigráfica y muy similares litológicamente (también lo son con las unidades Barco-Los Cuervos de la región del Cocuy, Capitanejo y Málaga), pudiendo inclusive estar en sinonimia. En la Plancha 210-Guateque se delimitaron geográficamente las unidades Cacho- Bogotá y Socha Inferior-Socha Superior, sin embargo, esta delimitación se hizo de manera arbitraria por las razones antes expuestas; las unidades Cacho-Bogotá (del área de la Sabana de Bogotá y alrededores) quedaron localizadas al lado occidental de la Falla del Río Icabuco, mientras que las unidades Socha Inferior- Socha Superior (incluyendo Picacho y Concentración de la zona de Paz del Río en Boyacá) quedaron restringidas al lado oriental de esta estructura en el Sinclinal de Úmbita. Guerrero & Sarmiento (1996)

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-74





reconocen para la región del Piedemonte Llanero (Sinclinal de Nazaret) a las unidades Socha Inferior y Socha Superior, justificando detalladamente su utilización en esta parte de la cordillera oriental. Para el sistema Paleógeno no se cuenta con ningún dato bioestratigráfico, por tanto la edad se toma de la literatura disponible publicada hasta la fecha.

#### ➤ **Formación Cacho (E1c)**

Dentro del área de estudio la Formación Cacho aflora en el Páramo de Castillejo, formando una franja al occidente de la Falla del Río Icabuco en pliegues sinclinales menores afectados por fallas. Por su posición estratigráfica entre unidades arcillosas (como techo de la Formación Guaduas y base de la Formación Bogotá) y por su composición litológica principalmente de arenitas genera en el paisaje morfología escarpada como el Alto Carrisal.

- **Nombre y sección tipo.** Según De Porta (1974), Scheibe (1934 escrito en 1918) “da el nombre de Zona de Areniscas del Cacho a una arenisca muy bien desarrollada que al SW de Zipaquirá forma el Pico del Cacho. Scheibe (1934) considera esta arenisca dentro de la Formación Guaduas, término al que hoy se da un sentido más restringido, y considera el Cacho como la zona limítrofe superior del conjunto II del Guaduas; por encima del Cacho se encontraría el conjunto III (hoy Formación Bogotá).
- **Descripción litológica.** De forma general la unidad se compone de cuarzoarenitas de textura fina a gruesa, de coloración naranja muy pálido o naranja amarillento oscuro, friables, submaduras, algo líticas y feldespáticas, (aunque pueden ser líticos de porcelanitas meteorizados) en conjuntos de estratos gruesos a muy gruesos con estratificación curvada no paralela discontinua e internamente con estratificación inclinada tangencial a la base de las capas de escala decimétrica. Se observan también algunas interposiciones de lodolitas rojizas. Los afloramientos son escasos y se hallan en avanzado estado de meteorización
- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Tanto el límite inferior con la Formación Guaduas como el límite superior con la Formación Bogotá son concordantes y netos. El espesor de la Formación Cacho calculado mediante corte geológico en un pliegue sinclinal menor localizado entre las fallas de Machetá y Río Icabuco al occidente del municipio de Úmbita es de 120 m aproximadamente.

Según Van der Hammen La Formación Cacho es Paleocena y Hubach (1957a) (basado en los datos palinológicos de Van der Hammen, 1957) la infiere del Paleoceno tardío en la Sabana de Bogotá y sus alrededores.

#### ➤ **Formación Bogotá (E1b)**

Localizada solamente en una pequeña franja en el Páramo de Cristales, localizada al suroeste del área, puntualmente al occidente de Úmbita, entre las fallas de Machetá y Río Icabuco.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



- **Nombre y sección tipo.** De Porta (1974) indica que “la Formación Bogotá fue creada para reducir la Formación Guaduas que en el sentido de Hettner (1892, p. 16) abarcaba todo lo que se superponía a la Formación Guadalupe. Los autores posteriores a Hettner empiezan a subdividir el Guaduas, así Scheibe (1934) lo divide en tres conjuntos numerados de abajo a arriba, colocando el Cacho en la parte superior del conjunto II, Scheibe (1934, p. 34) indica ya como en el Conjunto III del Guaduas, es decir por encima del Cacho, no se encuentran capas de carbón. Esto hace que más adelante se distinga en el Guaduas entre conjunto productivo y conjunto improductivo (Hubach, 1947a, escrito en 1929), hasta que Hubach (1945, escrito en 1933, p. 34) restringe el nombre de Guaduas al conjunto productivo inferior y crea el nombre de Bogotá para el conjunto improductivo superior”
- **Descripción litológica.** Por su litología tiende a sufrir procesos de meteorización acelerados lo que la llevan a una alteración rápida a suelos residuales aptos para el desarrollo de vegetación o de cultivos, lo cual impide su reconocimiento de forma fácil en afloramientos. Todo esto lleva a que los afloramientos de esta unidad sean prácticamente inexistentes. Según el informe de la Plancha 201-Guateque, por carretables que conducen del caserío de Soatama de Villapinzón al municipio de Machetá o Villapinzón (por fuera del área de estudio) se pudo observar la porción inferior de la unidad la cual está constituida por una sucesión de arcillolitas y lodolitas grises con moteados de color rojo y púrpura; también se aprecian algunas intercalaciones de areniscas cuarzosas friables de tonalidad amarillenta.
- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Solamente es posible observar en el área de estudio el límite inferior con la Formación Cacho el cual es concordante y neto. El espesor aflorante se estima en 150 m correspondiente a la parte inferior de la Formación Bogotá. La edad más probable de la Formación Bogotá es Eoceno temprano.

➤ **Formación Picacho (E2P)**

Dentro de la zona de estudio la Formación Picacho aflora hacia el núcleo del Sinclinal de Úmbita, donde forma un escarpe casi continuo debido a sus rocas arenosas resistentes a la erosión; varios filos o cuchillas son generadas por esta unidad como la cuchilla Castillejo o Loma Peñanegra.

- **Nombre y sección tipo.** En De Porta (1974) “la Formación Picacho está formada por un conjunto potente de areniscas que descansan discordantemente sobre la Formación Socha superior. La sección tipo de esta Formación se encuentra al N de Betéivita en las proximidades de los Cerros El Fraile y Picacho, del cual deriva su nombre, situados al W de Paz de Río.
- **Descripción litológica.** Por su litología es posible encontrar buenos afloramientos, por las vías Chinavita-Tibaná, Sisa-Úmbita o Chinavita- Guayabal-Tibaná se encuentran algunos, los cuales están conformados por capas muy gruesas de

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



cuarzoarenitas de color blanco o gris claro, textura media hasta conglomerática, friables, inmaduras o submaduras, algo líticas (1-2%) y feldespáticas (1-5%), con estratificación interna inclinada decimétrica. Son comunes lechos de guijos redondeados de cuarzo lechoso e intercalaciones de lodolitas abigarradas micáceas. Por el alto grado de meteorización de las arenitas que destruye el material cementante que une los granos, muchos niveles de la Formación Picacho han sido aprovechados como canteras de arena como las que se observan por la vía Sisa-Úmbita.

- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Tanto el límite inferior con la Formación Socha Superior como el límite superior con la Formación Concentración son concordantes y netos. Según el INGEOMINAS no existen datos bioestratigráficos de esta unidad en el área de estudio. Según Van Der Hammen (1958) la edad de la Formación Picacho es Eoceno temprano, datación realizada indirectamente mediante el método de reducción de escala con base en puntos palinológicos fijos en las formaciones Guaduas y Socha. Van der Hammen (1957) la correlaciona con la base de la Formación La Paz del Valle Medio del Magdalena y con la base de la Formación Mirador del Catatumbo.

El espesor de la formación Picacho calculado mediante corte geológico en el flanco W del Sinclinal de Úmbita es de 400 m. Sobre el mismo flanco de esta estructura, a la altura de la vía Guayabal-Jenesano, se estimaron 180 m; estas diferencias de espesor se atribuyen a cambios laterales de facies, ya que hacia el sector de Úmbita se reconocen tres segmentos litológicos en la Formación Picacho, dos arenosos separados por un segmento arcilloso, mientras que hacia el sector de la vía Guayabal-Jenesano solo se observa un paquete arenoso como el que se muestra en la Foto 4.15.

\* **Unidades Inconsolidadas del Neógeno (Holoceno)**

Las unidades ubicadas en esta clasificación corresponden a depósitos sedimentarios recientes, acumulados posiblemente en el Holoceno (parte superior del sistema Neógeno) y que se encuentran cubriendo discordantemente a las rocas cretácicas; los depósitos más importantes por su espesor y extensión geográfica corresponden a coluviones o depósitos de pendiente, abanicos aluviales, depósitos fluvio-glaciares, terrazas aluviales y en menor proporción aparecen aluviones recientes. Por lo general, la presencia de estas acumulaciones cuaternarias origina en el paisaje una topografía más suave, fácilmente diferenciable en los mapas topográficos y fotografías aéreas, lo que facilita su delimitación cartográfica.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-77

Foto 4. 15. Panorámica de la Formación Picacho donde se aprecian tres segmentos litológicos, dos arenosos (E<sub>2</sub>pi y E<sub>2</sub>ps) separados por un segmento arcilloso (E<sub>2</sub>pm).



➤ **Coluviones o depósitos de pendiente (Qco)**

En la Plancha 210-Guateque aparecen cartografiados varios depósitos de importancia, algunos de los cuales pueden alcanzar áreas de hasta 30 km<sup>2</sup> como los que se localizan en los alrededores de Garagoa, otros de menor extensión se localizan en La Capilla; sin embargo dentro del área del páramo de Cristales solamente se observa una pequeña esquina caracterizada por este tipo de depósito. Estos depósitos presentan textura muy heterogénea desde cantos muy grandes hasta partículas tamaño arcilla que se acumulan sobre el valle de quebradas, rellenos topográficos o sobre la base de escarpes debido a procesos de remoción en masa (deslizamientos, desprendimientos de roca o suelo), posiblemente con la participación también de avenidas o flujos torrenciales provenientes de las cabeceras de estos drenajes.

▪ **Afloramientos en el área de estudio**

A 50 metros al E del punto Cascada El Retiro, en la vereda Camagoa, municipio de La Belleza se encuentra un depósito coluvial compuesto de bloques angulares de areniscas cuarzosas de 6 a 8 m, dentro de este depósito coluvial se encontró un canto rodado de una arenisca cuarzosa con venas de cuarzo lechoso hidrotermal con drusas de cuarzo variedad cristal de roca con cristales de 2 a 4 cm de longitud, es posible que el nombre del Páramo de Cristales provenga por la presencia de mineralización de cuarzo variedad cristal de roca.

➤ **Depósitos fluvioglaciares (Qfg)**

Dentro del área de estudio se observan dos sectores en la zona norte del Páramo de Castillejo cartografiados con este tipo de depósito. En general, los depósitos fluvioglaciares

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-78

se componen de cantos, bloques y fragmentos de arenitas de menor tamaño, subredondeados y mal calibrados, embebidos en matriz areno-arcillosa. Dentro de la plancha 210-Guateque se presentan principalmente en las cabeceras del río Icabuco.

▪ **Afloramientos en el área de estudio**

- En la vereda El Chuscal se encuentra como talud de la carretera un depósito fluvio - glaciar caracterizado por no presentar selección de la matriz y el armazón, presenta un gran bloque de cuarzoarenita dentro de una lodolita muy poco compacta de color gris claro, además 2 metros al S del punto se encuentra una sucesión de 2,20 m de espesor de una donde se presenta 1 m de espesor del horizonte A del suelo rico en materia orgánica, y por debajo de este segmento más reciente se ubica una capa masiva de lodolitas de color blanco a gris claro, y fuertemente alteradas por procesos de meteorización química y poco consolidadas (Estación: Depósito Fluvio glaciar) (Fotos 4.16 y 4.17).
- En el talud de la vía que comunica el municipio de Úmbita con la finca El Retiro, en la vereda Camagoa, se encuentran Depósitos muy mal seleccionados, de color blanco y poco compactos, con una matriz tamaño arena media a fina con un armazón compuesta de guijos a bloques de hasta de 4 m de diámetro de areniscas cuarzosas. Este depósito es de gran extensión y presenta una geomorfología ondulada y presenta bloques erráticos de gran tamaño transportados por eventos glaciares y fluviales de gran energía (Estación: Depósitos Fluvio Glaciares El Retiro) (Fotos 4.18 y 4.19).

**Foto 4. 16. Depósito fluvio-glaciar, note el bloque de arenisca flotando sobre una matriz lodosa.**



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-79



Foto 4. 17. Sucesión del horizonte A del suelo y lodolitas alteradas, deposito fluvio - glaciar.



Foto 4. 18. Relieve lomado, con bloques erráticos de arenisca cuarzosa, Vereda Camagoa, La Capilla.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-80

**Foto 4. 19. Bloques angulares de arenisca cuarzosa en matriz arenosa.**



- En la vereda La Palma se encuentra una cantera de material de recebo compuesto por un material muy mal seleccionado, se encuentra una matriz de tamaños muy variados desde guijos finos a bloques de 4 – 5 m de diámetro de cuarzo arenita bien cementada flotando en una matriz arenosa y lodosa de color blanco, este material se ha utilizado como material de relleno en esta vía (Estación: Cantera en Deposito Glaciar) (Foto 4.20).

**Foto 4. 20. Cantera en depósito fluvio glaciar, en la vereda La Palma, Municipio de Úmbita.**

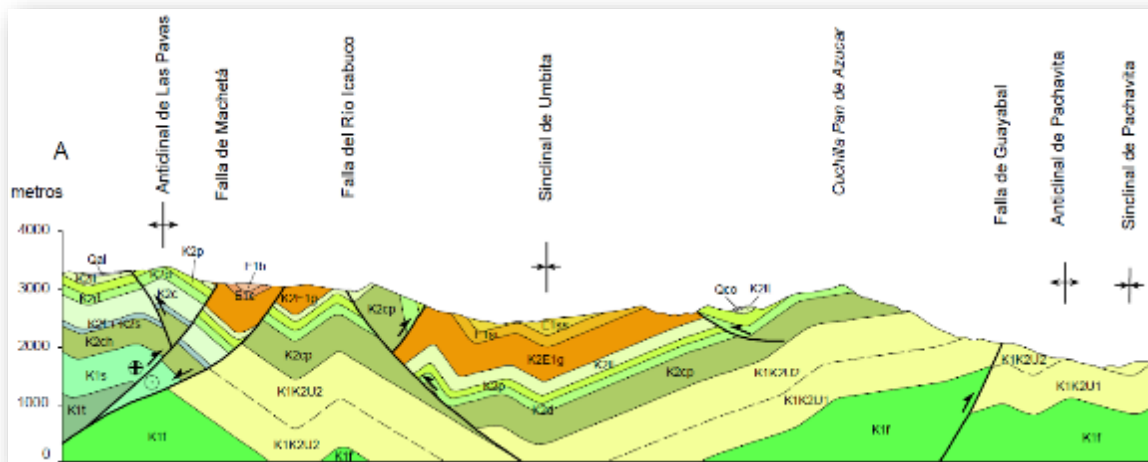


Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-81

#### 4.1.3.3 Geología estructural<sup>9</sup>

Dentro del área abarcada por el DRMI se encuentran estructuras geológicas importantes por su amplitud y extensión regional como el Sinclinal de Umbita, al cual se asocian pliegues menores como los anticlinales de Las Pavas y Pachavita. Igualmente en el sector se encuentran estructuras de fracturamiento y desplazamiento como las fallas de Machetá, Río Icabuco y Guayabal, que además de presentar un comportamiento inverso evidencian un salto transcurrente; están orientadas SW-NE con vergencia tanto al SE como al NW (Figura 4.38).

**Figura 4. 38. Perfil geológico del área abarcada por los Páramos de Cristales y Castillejo, donde se encuentran las diferentes unidades litológicas y los principales rasgos estructurales del área de estudio.**



**Fuente:** INGEOMINAS. Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010.

Las estructuras evidenciadas en la zona de estudio no son más que el reflejo del plegamiento de la Cordillera Oriental, definida como una cuenca invertida con un estilo estructural de cabalgamientos de escama gruesa con vergencia W y E, donde los frentes de inversión convergen hacia el núcleo de la cuenca Cretácica. Estos cabalgamientos se encuentran limitados o cortados por fallas rumbo - deslizantes predominantemente de carácter dextral, y trazo aproximado NE-SW, que funcionan a menudo como rampas laterales o que se expresan como flexiones y cabeceo de los pliegues, o fallas transversales que cortan las estructuras preexistentes debido a su actividad moderna relacionada con los últimos pulsos del levantamiento de la Cordillera Oriental. En términos generales la Cordillera es el resultado de la acción de varios estilos estructurales; en donde el primero y más antiguo

<sup>9</sup> Tomado y modificado de: INGEOMINAS. Memoria Explicativa: Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010. Págs. 113, 120-122.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



está relacionado a la tectónica de bloques de edad Mesozoica, de los cuales surgen las orientaciones de algunos sistemas de fallas y ejes de plegamiento sirviendo como base y armazón para la inversión de la cuenca; el segundo estilo es originado por una tectónica compresiva que produce la inversión de la cuenca, cuyo patrón de fallamiento presenta dirección principal NNE-SSW, caracterizado por fallas inversas o de cabalgamiento. Adicionalmente se sobre-impone un estilo estructural con componente de rumbo importante cuya orientación principal es NW-SE o SW-NE<sup>10</sup>.

#### ♦ Fallas

Para la zona de estudio se encuentran de Oeste a Este las fallas de Machetá, Río Icabuco y Guayabal, de las cuales se hará a continuación una descripción de sus principales características (Figura 4.39).

##### \* **Falla de Machetá**

Tanto la Falla de Machetá como su retrocabalgamiento se encuentran al través del Páramo de Castillejo. La Falla de Machetá es una falla inversa de alto ángulo orientada aproximadamente N55°E y con vergencia al SE; presenta componente transcurrente dextral. Ésta estructura, junto con una falla retroinversa localizada más al occidente, producen el levantamiento del Anticlinal de Las Pavas en forma de “pop up” similar a una estructura en flor positiva (Imagen 11), esto hacia el sector NW de Úmbita, de tal forma que se ponen en contacto la Arenisca Dura, los Plaeners o la Arenisca Labor y Tierna con la Formación Guaduas; hacia el SW de Úmbita se produce otro pequeño “pop up” equivalente al anterior, poniéndose en contacto los Plaeners sobre la Formación Guaduas. Unos 6 km al norte de Úmbita la Falla de Machetá es cortada por la Falla del Río Icabuco que presenta vergencia opuesta (Figura 4.40).

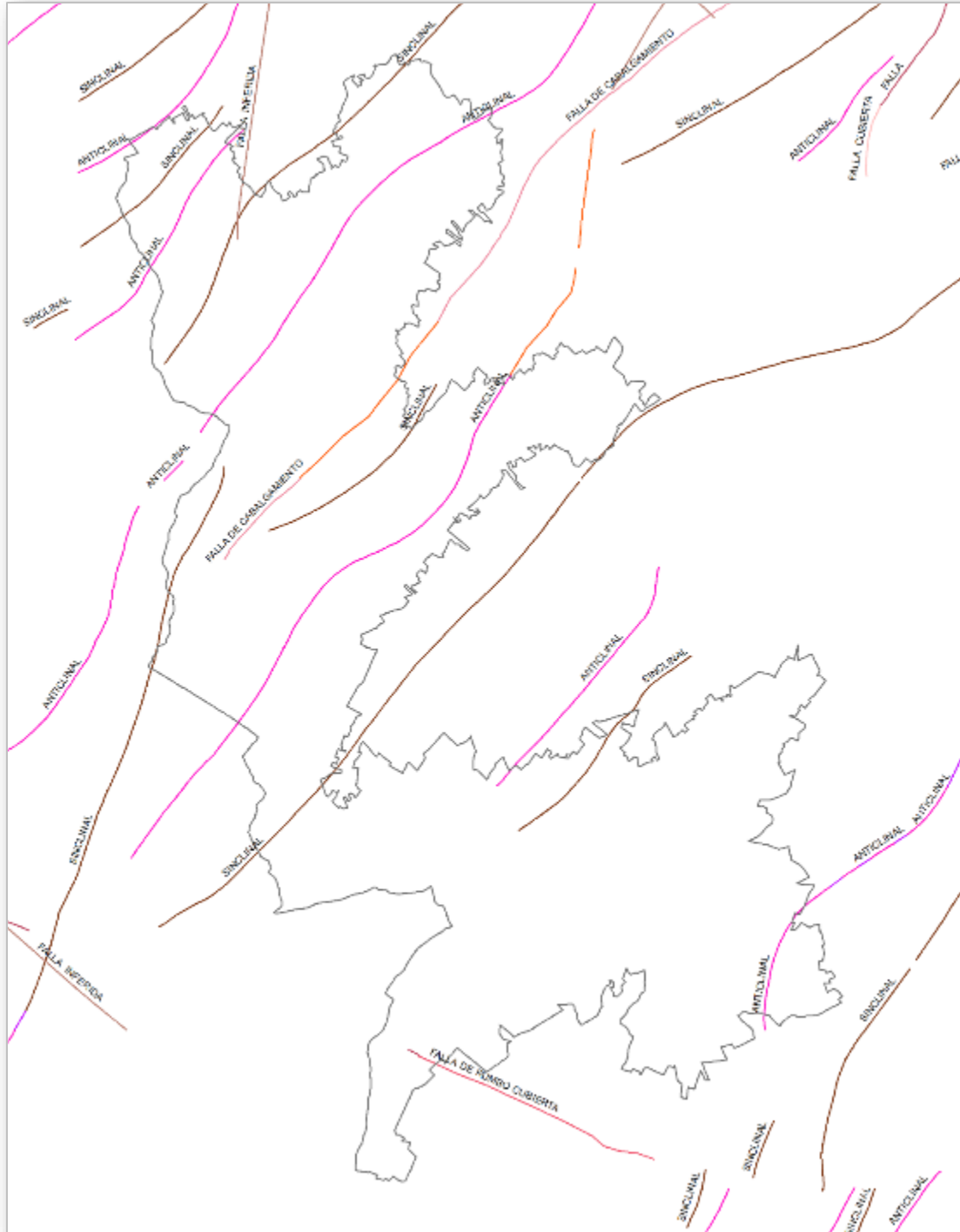
##### \* **Falla del Río Icabuco**

La falla del Río Icabuco se desarrolla al sur del Páramo de Castillejo; estructuralmente es una falla inversa de alto ángulo con vergencia al NW que controla el nacimiento del Río Icabuco al occidente de la población de Tibaná. Presenta dirección que varía de N-S muy cerca del municipio de Tibirita a N55°E sobre el Río Icabuco al occidente de Tibaná. Ésta falla junto con otra estructura similar localizada al oriente pero de vergencia opuesta al SE, sacan a manera de “pop up” a un anticlinal localizado sobre la cuchilla El Tablón (SW de Úmbita) nucleado por la Formación Chipaque; sobre los flancos del anticlinal están los Plaeners sobre la Formación Guaduas. Al occidente del municipio de La Capilla la Falla del Río Icabuco pone en contacto la Arenisca Dura o los Plaeners con la Formación Guaduas (Figura 4.41).

<sup>10</sup> Tomado y modificado de: INGEOMINAS. Memoria Explicativa: Geología de la Sabana de Bogotá. Escala 1:100.000. Bogotá, 2005.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-83

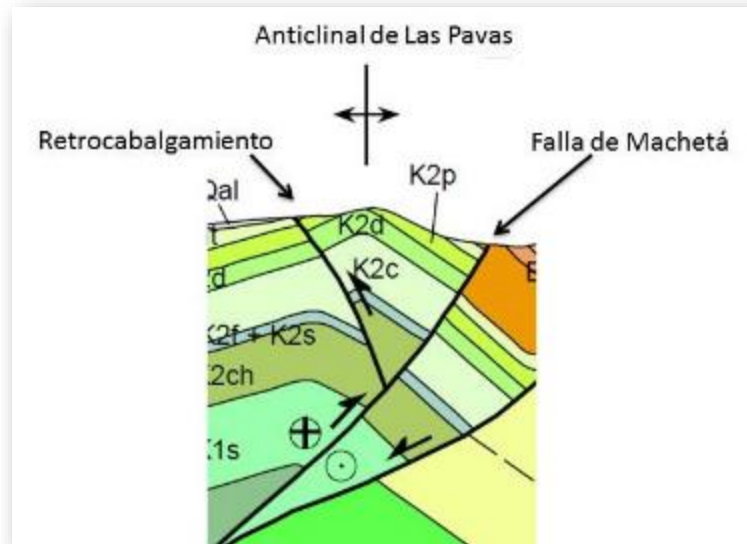
Figura 4. 39. Estructuras presentes en el DRMI.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-84

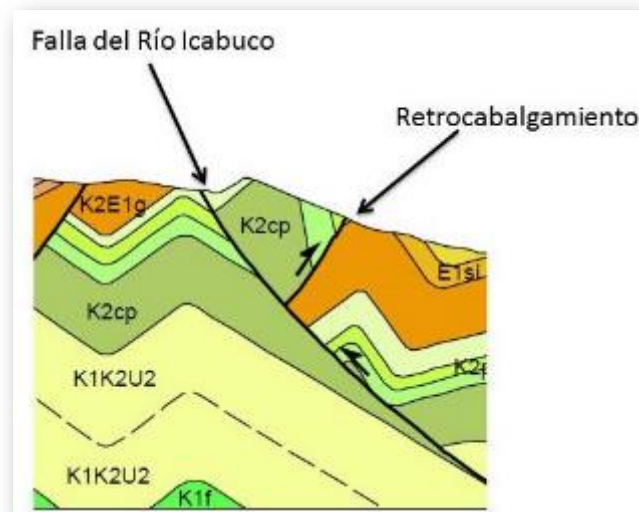


Figura 4. 40. Representación de la Falla de Machetá y su retrocabalgamiento, con la estructura en “pop up”.



Fuente: INGEOMINAS. Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010.

Figura 4. 41. Representación de la Falla del Río Icabuco y su retrocabalgamiento, con la estructura en “pop up”.



Fuente: INGEOMINAS. Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	
				Página: 4-85

\* **Falla de Guayabal**

La falla de Guayabal se encuentra por el borde SE del Páramo de Cristales; es una falla inversa de alto ángulo con rumbo general N60°E y buzamiento de 42° al noroeste, (vergencia al SE). En la mayor parte de su trayectoria se produce repetición estratigráfica del nivel superior de la Formación Une; al norte de Chinavita, en la vereda Quincho, pone en contacto la parte superior de la Formación Une sobre las formaciones Chipaque o Arenisca Dura, además de truncar la continuidad hacia el noreste del Anticlinal de Pachavita (Foto 4.21).

**Foto 4. 21. Trazo en superficie de la Falla de Guayabal. En la foto se observa un pliegue anticlinal asimétrico que termina contra la falla. El plano de falla se orienta N60°E/42°NW.**



**Fuente:** INGEOMINAS. Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010.

♦ **Estructuras de Plegamiento**

Para la zona de estudio se destacan las estructuras de plegamiento de primer orden, relacionadas al Anticlinal de Las Pavas y el Sinclinal de Úmbita y estructuras de segundo orden (de 1 a 15 km de longitud y menos de 1 km de amplitud) relacionadas al anticlinal y sinclinal de Pachavita, de los que a continuación se hará una descripción:

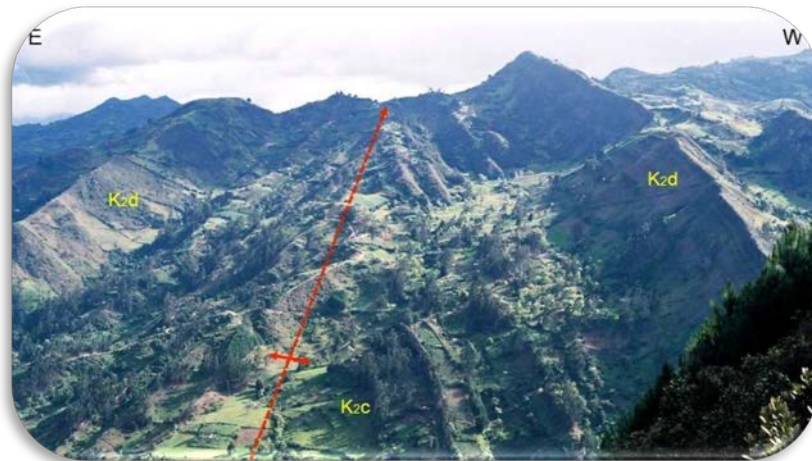
\* **Anticlinal de Las Pavas**

El Anticlinal de Las Pavas se localiza al norte del Páramo de Castillejo; es un pliegue anticlinal cerrado cuyo eje tiene una dirección que varía de N20°E al sur (Oeste de Umbita) a N40°E al norte (Oeste de Tibaná); es un pliegue subvertical con inmersión moderada tanto hacia el SW como hacia el NE (doble cabeceo) en cuyo núcleo aflora la parte alta de la Formación Conejo (Foto 4.22). Hacia la parte media del pliegue, en el sector del Alto Las

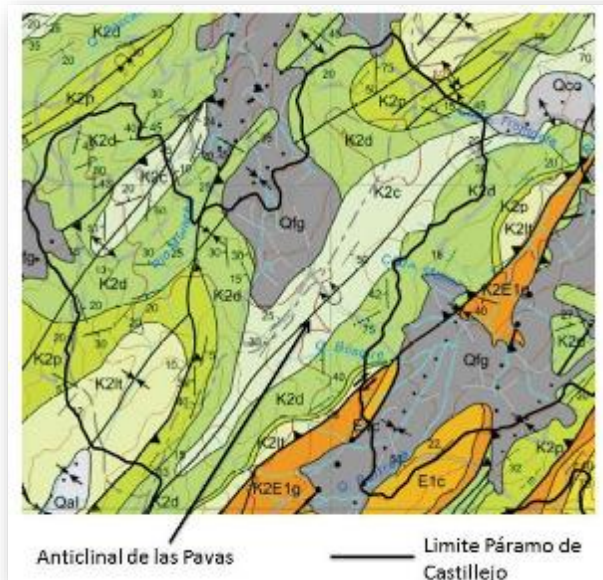
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-86

Cruces, presenta su flanco oriental invertido, posiblemente por efecto de la Falla de Machetá (Figura 4.42).

**Foto 4. 22. Panorámica del Anticlinal de Las Pavas sobre la ladera sur del Río Turmequé; la estructura es cerrada con plano axial subvertical e inmersión moderada tanto al suroeste como al noreste; en el núcleo aparece la Formación Conejo (K2c) y en los flancos la Formación Arenisca Dura (K2d).**



**Figura 4. 42. Anticlinal de las Pavas en la zona del Páramo de Castillejo. Se observa el pliegue tumbado.**



**Fuente:** INGEOMINAS. Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



\* **Anticlinal de Pachavita**

Localizado solamente en un pequeño extremo en la esquina SE del Páramo de Cristales; éste anticlinal presenta dirección NE extendiéndose por unos 10 km desde el occidente del municipio de Pachavita hasta aproximadamente la confluencia de los ríos Garagoa y Fusavita al NW de Chinavita donde es truncado por la Falla de Guayabal. Es un pliegue suave, subvertical, con inmersión débil a moderada al noreste desarrollado en rocas de la Formación Une (Foto 4.23).

**Foto 4. 23. Trazo aproximado en superficie de los pliegues anticlinal y sinclinal de Pachavita desarrollados en rocas de la Formación Une.**



**Fuente:** INGEOMINAS. Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010.

\* **Sinclinal de Pachavita**

Localizado solamente en un pequeño extremo en la esquina SE del Páramo de Cristales; este sinclinal presenta dirección NE extendiéndose por unos 16 km desde el occidente del municipio de Pachavita hasta el río Fusavita, lugar donde es truncado por la Falla de Guayabal. Es un pliegue suave, subvertical, con inmersión débil a moderada al noreste (Foto 4.23) en cuyo núcleo aparecen rocas de la Formación Plaeners. El eje del pliegue, a la altura del municipio de Chinavita, está desplazado por pequeños cabalgamientos posiblemente generados por deslizamiento flexural.

\* **Sinclinal de Úmbita**

Es quizás el pliegue más importante de la zona, ya que gran parte de los páramos se desarrollan sobre éste; cuenta con una extensión superior a los 36 km y una amplitud de unos 10 km; éste sinclinal presenta dirección general N40°E a N45°E pero el trazo de su eje es sinuoso por lo cual en algunos sectores toma orientación E-W; se extiende desde el SW de Úmbita, lugar donde la Falla del Río Icabuco trunca su continuidad hacia el

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-88

suroccidente, hasta salir del área de estudio al oriente de Tibaná. Es un pliegue suave, subvertical, con inmersión débil al noreste, en su núcleo aparecen rocas de la Formación Socha Superior en el sector comprendido por los páramos. La estructura presenta complicaciones estructurales debido a replegamientos internos, especialmente de Úmbita hacia el SW, y por tener fallado sus flancos oriental (fallas de Guayabal y Hermitaño) y occidental (retrofallas inversas relacionadas con la Falla del Río Icabuco y Falla de Soapaga).

De las 22 estaciones se lograron tomar datos estructurales en 11 estaciones, de los cuales existen datos estructurales de estratificación, planos de fallas y estrías, de las estructuras aflorantes en la zona. Los datos estructurales recolectados en campo se presentan en la Tabla 4.20.

**Tabla 4. 20. Datos estructurales recolectados en campo.**

Estación	X	Y	Z	Unidad geológica	Dato estructural	Tipo de dato
Punto Control Guaduas	1.067.551	1.070.877	2.869	K2E1g – Formación Guaduas	N80°E / 6°SE	Estratificación
Plaeners y Arcillolitas	1.066.841	1.068.879	2.763	K2p – Formación Plaeners	N74°E / 35°SE	Estratificación
Cuarzoarenitas, arcillolitas y plaeners	1.067.027	1.068.759	2.701	K2p – Formación Plaeners	N28°E / 36°NW	Estratificación
Cantera plaeners y arcillolitas 1	1.066.527	1.077.941	2.872	K2p – Formación Plaeners	N54°W / 43°SW	Estratificación
Cantera Plaeners y arcillolitas 2	1.064.876	1.077.301	2.782	K2p – Formación Plaeners	N60°W / 12°NE	Estratificación
Cantera La Capilla	1.068.372	1.057.826	2.097	K1K2U1 – Formación Une Superior	N20°E / NW	Estratificación
Cantera La Capilla	1.068.372	1.057.826	2.097	K1K2U1 – Formación Une Superior	N60°E / 70°SE	Plano de Falla
Cascada El Retiro	1.067.808	1.059.832	2.618	K1K2U2 – Formación Une Superior; Qco – Depósitos Coluviales	N70°E / 22°NW	Estratificación
Lodolitas negras, Barro Blanco	1.071.196	1.057.437	2.130	K1f – Formación Fomeque	N34°W / 20°NE	Estratificación
Cantera de recebo, Pachavita	1.074.883	1.061.337	1.922	K1K2U2 – Formación Une Superior	N56°E / 40° SE	Estratificación





Estación	X	Y	Z	Unidad geológica	Dato estructural	Tipo de dato
Cantera de recebo, Pachavita	1.074.883	1.061.337	1.922	K1K2U2 – Formación Une Superior	N12°W / vertical	Plano de Falla
Cantera de recebo, Pachavita	1.074.883	1.061.337	1.922	K1K2U2 – Formación Une Superior	S56°W / 22°	Estría
Cantera Plaeners 3	1.074.769	1.066.903	2.284	K2d - Formación Arenisca Dura	N74°E / 29°NW	Estratificación
Escarpe Las Antenas	1.073.437	1.065.795	2.808	K2d – Formación Arenisca Dura	N37°E / 20°NW	Estratificación

#### 4.1.4 Geomorfología

La geomorfología de la zona hace parte del contexto de modelamiento estructural de la cordillera Oriental, caracterizada por un relieve de altos y bajos topográficos alineados en dirección preferencial SW-NE, generados en principio por la influencia de factores morfogenéticos como el plegamiento de capas sedimentarias, generación de fallas y el posterior actuar de procesos erosivos. La evolución geomorfológica de toda la cordillera y puntualmente de la zona de estudio, se inició hacia el Cretácico con la formación de una cuenca distensiva en el borde occidental y la posterior inversión tectónica, a partir de la cual se generan los pliegues y fallas asociados con el levantamiento de la cordillera, tales esfuerzos provienen de la confluencia de las placas de Nazca y Sudamérica.

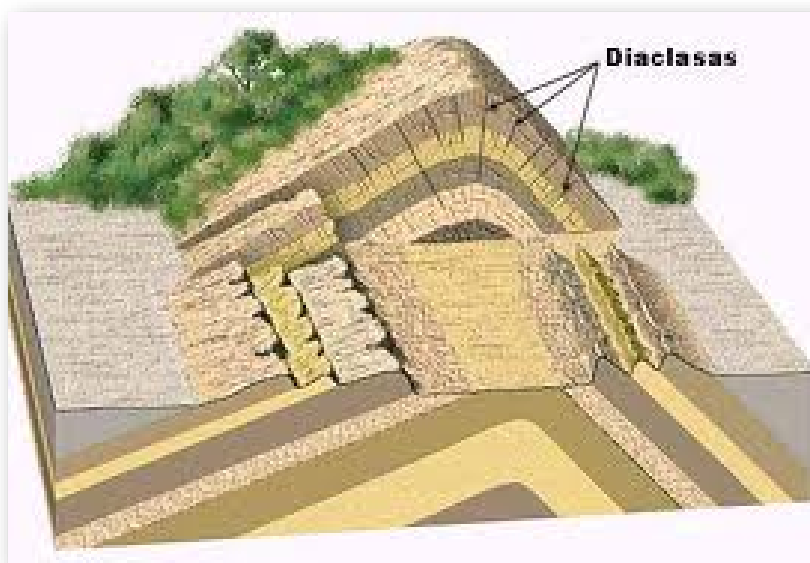
La presencia de rasgos estructurales indicadores de fuertes esfuerzos compresivos en la zona es bastante importante, teniendo un significativo número de anticlinales, sinclinales y fallas orientadas en sentido SW-NE. Ésta orientación preferencial de las estructuras, acompañado de esfuerzos tectónicos secundarios, originan diaclasamiento en las charnelas y flancos de los pliegues (Figura 4.43), y generan al mismo tiempo debilidad en las rocas por fracturamiento, permitiendo que los procesos denudativos actúen preferencialmente en la misma dirección acentuando dichos rasgos estructurales. El conjunto de todos estos factores genera los patrones geomorfológicos observados en la zona, caracterizados primordialmente por una conjugación de cuchillas y valles orientados preferencialmente en dirección N45°E.

Geomorfológicamente la zona es considerada como un gran paisaje de relieve montañoso de tipo estructural-erosional y cuyos ambientes morfogenéticos adicionalmente evidencian características glacifluviales; las características geomorfológicas concuerdan con una unidad de relieve de extensión regional, de configuración compleja con montañas anticlinales compuestas y valles sinclinales compuestos, en donde también en algunos casos se desarrolla relieve invertido, es decir, estructuras sinclinales representan altos topográficos, como el caso del Sinclinal de Almeida-Mamapacha. Toda esta configuración estructural de las rocas dispuestas en pliegues y afectadas por fallas y diaclasas es el

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-90

resultado de los diferentes procesos endógenos relacionados al levantamiento de la Cordillera Oriental, (Villota 1997).

**Figura 4. 43. Ilustración de diaclasamiento en la charnela y flancos de los pliegues.**



**Fuente:** tomada el 30 de enero de 2012 de: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ0K-INJ9QbTSkW3c5d5WBeQEeqVIRuv8oLCeuJnp\\_tPImSM\\_SdzTQ](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ0K-INJ9QbTSkW3c5d5WBeQEeqVIRuv8oLCeuJnp_tPImSM_SdzTQ).

La configuración de cuchillas, tales como Pan de Azúcar, Las Pavas y otras de menor extensión regional deben su origen a la resistencia a la erosión presentada por las Areniscas Duras del Grupo Guadalupe que las componen, mientras que los valles de la zona están relacionados con unidades de menor competencia como la Formación Guaduas o unidades competentes plegadas que conforman núcleos de sinclinales.

Conforme a la clasificación fisiográfica de Villota (1997), el DRMI corresponde con la región morfológica de la Cordillera Oriental, (catalogada a un nivel regional como Cordillera de Plegamiento), y se clasifica de la manera que se muestra en la Tabla 4.21.

**Tabla 4. 21. Clasificación fisiográfica de los Páramos de Cristales y Castillejo según Villota 1997.**

Región Morfológica	Gran Paisaje	Ambiente morfogenético	Paisajes fisiográficos
<b>Cordillera Oriental de Plegamiento</b>	Relieve Montañoso	Estructural-erosional y glacialfluvial	Montañas anticlinales Montaña sinclinal de relieve invertido Cresta y cuesta homoclinal Depósitos de morrena

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



#### 4.1.4.1 Drenaje

EL DRMI se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Garagoa, constituyéndose el área en una importante fuente de aporte de recurso hídrico superficial y subterráneo de dicha cuenca. La mayoría de los cauces principales están orientados en sentido NE, y la dirección de sus tributarios al igual que el de los principales sugiere control estructural de los pliegues y flancos conformantes, (Figura 4.44). La distribución de los afluentes en el área de estudio se presenta de la siguiente manera:

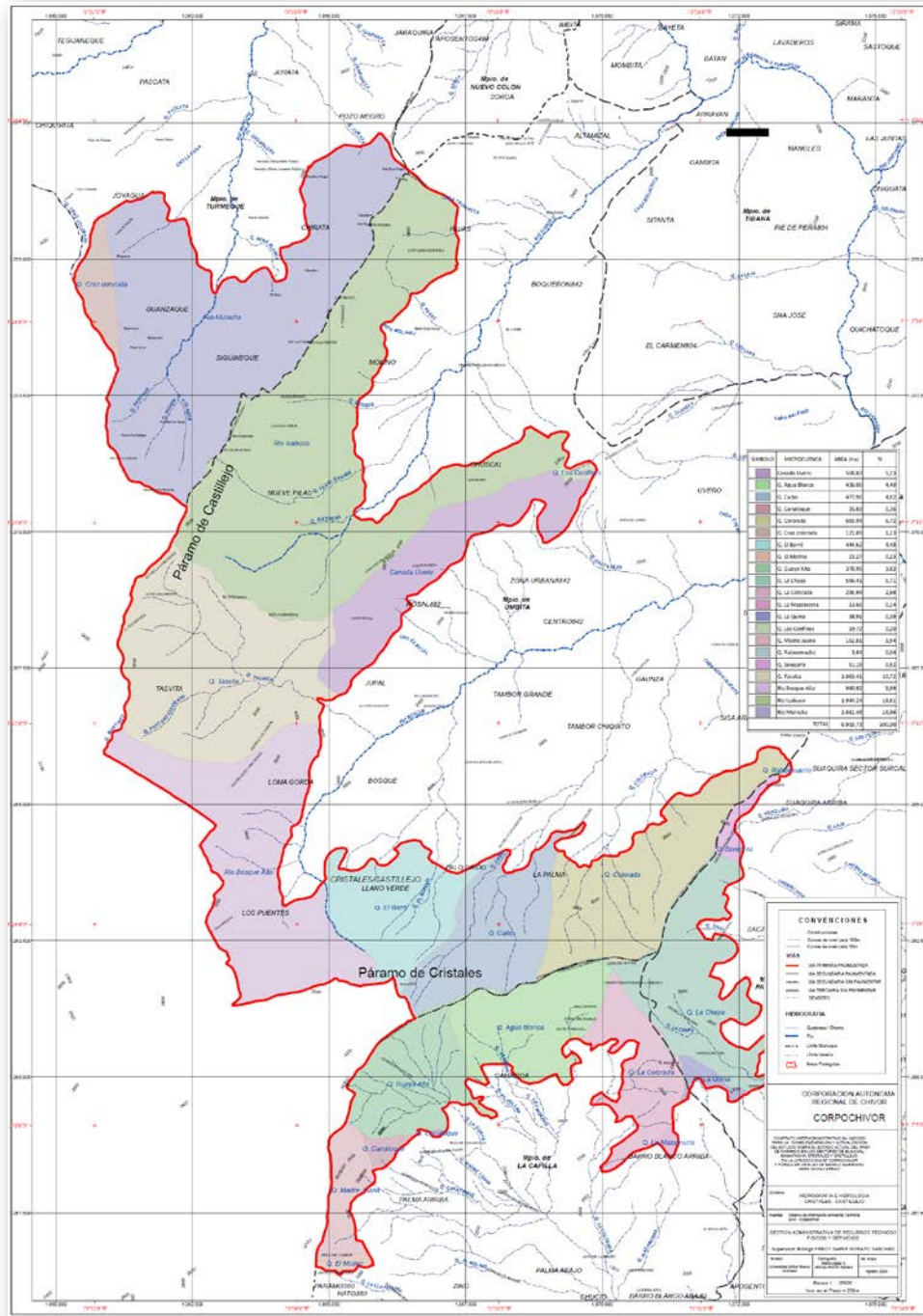
- La parte NW del Páramo de Castillejo es drenada por el río Muncha el cual a su vez es alimentado por las quebradas Pantano, Honda y Volador. Para esta microcuenca la densidad de drenaje es baja y presenta una morfología paralela. Los cauces tienen una longitud media aproximada de 2000m de buena integración.
- Para la cuenca del río Garagoa se observa que el sector Noreste del Páramo de Castillejo es drenado por el río Icabuco, el cual nace dentro del mismo y es alimentado por las quebradas Buitrera, Llano Grande, Bosque y Pavas. Para este sector de la cuenca el drenaje presenta una baja densidad y una morfología subparalela, dada posiblemente por el diaclasamiento de los flancos de las estructuras plegadas circundantes. La longitud de los cauces varía entre 1.000 m y 3.000 m con buena integración.
- La parte media y SE del Páramo de Castillejo y Norte del Páramo de Cristales, es drenada por los afluentes del río Bosque, dentro de los que se encuentran las quebradas Tasvita, Cañada Uvero, Castillejo, Colorada, Caibo, El Barril y el río Bosque Alto. La densidad de drenaje para ésta parte de la cuenca es baja y una morfología subparalela a dendrítica (pobremente definida). La longitud de los cauces varía entre 1.000 m y 3.500 m; en general están bien integrados.
- El sector Sur y Este del Páramo de Cristales es drenado por afluentes directos del río Garagoa, entre los que se encuentran las quebradas Raboemacho, Soaquira, Laja, Los Canales, La Chapa, La Quina, La Colorada, La Mazamorra, Agua Blanca, Guaya Alta, Canatoque y El Molino. Todos en general evidencian una morfología sub paralela con respecto al río Garagoa y una densidad de drenaje baja en la parte Este y Media en la parte Sur. La longitud de los cauces varía significativamente entre los 500 m y los 3.000 m; en general están bien integrados.

Se realiza panorámica a 1 km de distancia de una mina de carbón en la Vereda El Chuscal, municipio de Úmbita. Hacia el valle se observa una geomorfología ondulada hacia el valle y hacia la mina.

En la vereda El Chuscal predomina la agricultura y ganadería, entre estos se encuentran cultivos de papa y ganado vacuno, el ascenso de potreros y cultivos de papa hacia la línea de paramo es inminente y la disminución de bosque de niebla (Estación: Panorámica 1) (Foto 4.24).

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-92

Figura 4. 44. Mapa hidrológico del DRMI.



Fuente: CORPOCHIVOR. Mapa Hidrografía e Hidrología Cristales-Castillejo. Escala 1:25000. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2009.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	
			Página:	4-93

**Foto 4. 24. Panorámica que muestra el límite entre el bosque de niebla, la ganadería y agricultura.**



#### **4.1.4.2 Unidades geomorfológicas**

De forma general en la zona de estudio se encuentran dos tipos de morfologías, la primera relacionada a bajos topográficos ondulados, asociados a zonas donde la roca aflorante corresponde con litologías de baja competencia y la segunda relacionada a altos topográficos, escarpes y crestas alineadas en sentido SW-NE, cortadas por afluentes en valles estrechos y profundos y representados por litologías de mayor competencia.

A continuación se hará una breve descripción de las unidades geomorfológicas expuestas en el DRMI (Figura 4.45 y Mapa 9 del Anexo cartográfico).

##### **♦ Unidad de montañas y laderas denudacionales**

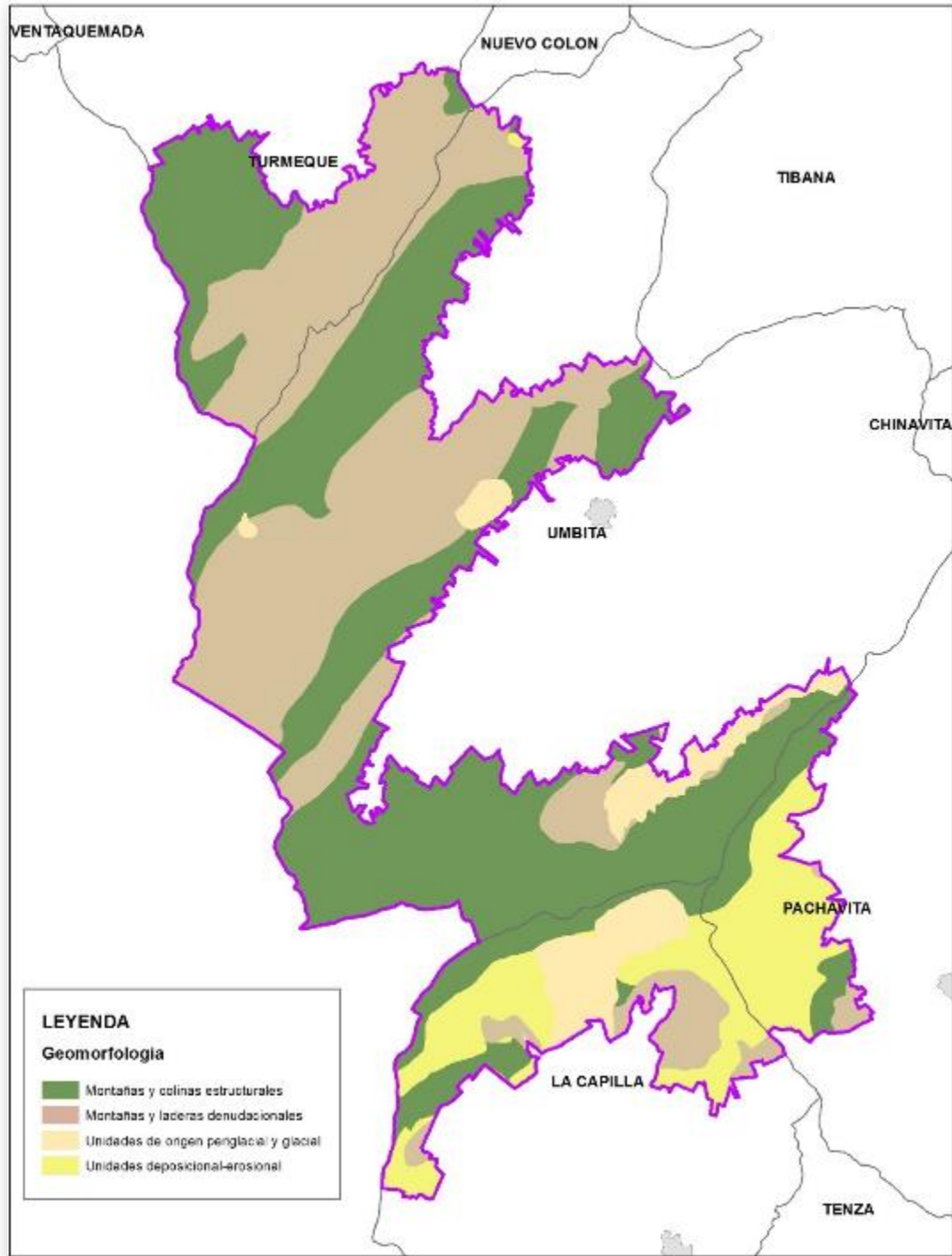
Generalmente desarrollada en litologías de baja y mediana resistencia, se asocia principalmente a la meteorización y erosión de las rocas; las formaciones que desarrollan este tipo de morfología están conformadas por lutitas, arcillolitas y areniscas de grano fino, poco cementadas o friables, que suelen presentarse poco resistentes a los procesos denudativos. Dentro del área de estudio se relacionan a este tipo de modelamiento las Formaciones Fómeque, Chipaque, Conejo, Plaeners, Guaduas, Bogotá y Socha Superior, clasificadas como de baja y mediana resistencia. Morfológicamente se caracterizan por formar bajos topográficos en franjas alineadas SW-NE, formas de laderas de erosión y lomas, cubiertas por depósitos coluviales.

Esta unidad ocupa 4.245,29 ha, las cuales equivalen al 39,68% del DRMI.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-94



Figura 4. 45. Mapa geomorfológico del área del DRMI.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



#### ♦ Unidad de montañas y colinas estructurales

Éste tipo de morfología se relaciona con rocas de alta resistencia, sobre las cuales los procesos modeladores que dominan las geoformas son estructurales principalmente y los efectos de procesos denudativos son secundarios. Conforme a esto, dentro de esta unidad se encuentran las montañas, colinas y crestas generadas por plegamiento de los estratos, conservando rasgos de las estructuras predominantes. Como unidad de montañas y colinas estructurales se han clasificado a las geoformas conformadas por las formaciones Une, Arenisca Dura, Areniscas Labor-Tierna, Cacho, Socha Inferior y Picacho; morfológicamente se caracterizan por formar altos topográficos en formas de crestas, cuevas (contrapendientes estructurales) y laderas estructurales alineadas en sentido SW-NE.

Esta unidad ocupa 5.258,66 ha, las cuales equivalen al 45,44% del DRMI.

#### ♦ Unidad de origen periglacial y glaciar

Las formaciones que se ubican dentro de esta unidad se han clasificado así por su génesis específica, ya que realmente son un caso especial de geomorfología denudativa. El factor modelador principal de este tipo de unidad está relacionado con la acción del hielo acompañado de la meteorización física. Dentro de esta unidad se ubica la formación Depósitos Fluvioglaciares (Qfg), conformada por morrenas y depósitos de origen fluvio glaciar.

Esta unidad ocupa 707,97 ha, las cuales equivalen al 6,12% del DRMI.

#### ♦ Unidad de origen deposicional-erosional

Dentro de esta clasificación se incluyen las geoformas generadas por procesos denudativos, que tienen como fase final acumulación del material, diferenciadas principalmente por el tipo de transporte que ha generado el depósito. Dentro del área de estudio se destacan los depósitos Cuaternarios de origen coluvial y depósitos de pendiente, caracterizados por su conformación de materiales provenientes de rocas preexistentes en alturas superiores. Morfológicamente se observan como depósitos lengulares o amorfos superpuestos en las unidades litológicas.

Esta unidad ocupa 1.361,54 ha, las cuales equivalen al 11,76% del DRMI.

#### 4.1.4.3 Procesos morfodinámicos

El área abarcada por los páramos de Cristales y Castillejo, se encuentra ubicada dentro de una de las zonas más inestables de la Cordillera Oriental, con procesos morfodinámicos controlados por litologías fácilmente alterables, presencia de rocas de alta fragmentación como resultado de las fallas y altas pendientes, acompañados de factores detonantes como la actividad sísmica y los generados por la intervención antrópica; tales principios

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-96



controladores en conjunto con los factores detonantes conllevan a una gran actividad de los procesos morfodinámicos; principalmente se tienen los relacionados a Movimientos en Masa, Erosión y Dinámica Fluvial.

De forma general los fenómenos de remoción en masa, erosión superficial y dinámica fluvial, dependen de las características del terreno sobre el cual se desarrollan, específicamente de la composición del material que se ve afectado por éstos. Puntualmente está relacionado con características litológicas, granulometría, disposición estructural y grado de fracturamiento.

En relación con las características litológicas se tiene para las rocas ígneas muy poco control de este tipo, ya que su estructura interna resulta ser bastante resistente a estos procesos. Con respecto a rocas sedimentarias los procesos morfodinámicos se desarrollan con mayor facilidad en rocas fino granulares (arcillolitas, limolitas, areniscas de grano fino, etc.), disminuyendo su susceptibilidad a medida que el tamaño de grano aumenta; otro factor importante hace referencia al grado de cohesión de las partículas, por lo que rocas con mayor grado de alteración, baja cementación o litificación, serán más susceptibles a los procesos en mención. Al mismo tiempo a medida que las rocas se encuentren cercanas a ejes de pliegues y a zonas de falla, el fracturamiento será mayor y a su vez la susceptibilidad a procesos morfodinámicos.

#### ♦ **Movimientos en masa**

De acuerdo a la información antes expuesta, las formaciones que pueden verse afectadas por este tipo de procesos morfodinámicos están relacionadas con unidades finogranulares como las formaciones Fómeque, Chipaque, Conejo, Plaeners, Guaduas, Bogotá y Socha Superior; igualmente los depósitos Fluvioglaciares y Coluviones y Depósitos de Pendiente son susceptibles a continuar con este tipo de comportamiento. En conjunto se observan en algunos sitios y tienden a generar fenómenos de remoción en masa relacionados a deslizamientos rotacionales y reptación.

Las unidades de mayor resistencia al estar afectadas por modelamientos geomorfológicos de montañas y colinas estructurales, son propensas a generar fenómenos de remoción como caída de bloques, derrumbes y deslizamientos Plaeners.

#### ♦ **Erosión superficial**

Igualmente este tipo de proceso morfodinámico se relaciona con rocas y depósitos finogranulares, ya que como se dijo antes, a menor granulometría del material terreo la susceptibilidad a ser arrancados y arrastrados por agentes geomorfológicos como agua y viento, aumenta.

Conforme a lo expuesto las formaciones que son altamente susceptibles a la erosión superficial son: Fómeque, Chipaque, Conejo, Plaeners, Guaduas, Bogotá y Socha Superior.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-97



Seguidas por las formaciones conformadas por rocas de texturas predominantemente arenosas correspondientes a Une, Arenisca Dura, Labor-Tierna, Cacho, Socha Inferior y Picacho. Finalmente las formaciones de baja susceptibilidad están conformadas por materiales de textura conglomerática como los Depósitos Fluvioglaciares y Coluviones y Depósitos de Pendiente.

#### 4.1.5 Hidrogeología

Dentro de la caracterización geológica del área en estudio, es sin duda alguna la identificación de los elementos hidrogeológicos, parte vital y uno de los factores más representativos a la hora de definir una zona de páramo, ya que la interacción que tienen o que potencialmente tendrían las unidades hidrogeológicas con el ecosistema y de forma general con el medio ambiente determina en gran medida el futuro de éste.

Con el fin de cumplir este objetivo se ha querido verificar cuales son los sitios sobre los cuales podrían desarrollarse acuíferos, acuitardos, acuicuidos o acuífugos.

##### 4.1.5.1 Complejos hidrogeológicos presentes en la zona<sup>11</sup>

Para la Sabana de Bogotá el INGEOMINAS ha establecido tres principales complejos hidrogeológicos, que en conjunto dominan el comportamiento de las aguas en profundidad; éstos complejos hidrogeológicos conservan sus características no solo en esta zona específica sino que también se comportan de manera muy similar en toda el área de la formación geológica, permitiendo adoptar los parámetros establecidos en la sabana, para la zona del DRMI. A continuación se hace la descripción de los complejos hidrogeológicos.

##### ♦ Complejo acuífero Guadalupe

Hace referencia al Grupo Guadalupe, conformado en orden estratigráfico por las formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca Labor-Tierna; está representado por rocas sedimentarias marinas de unos 950 m de espesor, caracterizadas litológicamente por areniscas cuarzosas que se alternan con liditas, limolitas y arcillolitas (INGEOMINAS, 1995).

En su base se encuentran principalmente areniscas muy compactas de la formación Arenisca Dura, de granulometría fina a media con cementación silíceas y diaclasamiento fuerte. En la parte superior la granulometría de las areniscas varía desde arenas hasta gravas finas, friables y con alta porosidad primaria. Las litologías localizadas en la parte superior (Labor-Tierna) e inferior de esta unidad están separadas por niveles predominantemente arcillosos (Fm. Plaeners) (Pérez y Salazar, 1978)<sup>12</sup>. Por sus

<sup>11</sup> Tomado y modificado de CAR- PLANEACIÓN ECOLÓGICA LTDA. Actualización y complementación de los estudios técnicos existentes como soporte para la declaratoria de la Reserva Forestal Regional Del Norte.

<sup>12</sup> Op. Cit., p.4-61.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-98

características litológicas las rocas están bastante afectadas por diaclasamiento en varias direcciones y de diferente génesis, que aumentan su permeabilidad y facilitan la relación hidráulica entre las areniscas de la parte superior e inferior a lo largo de las zonas de falla.

Conforme a los resultados de las pruebas de bombeo el complejo acuífero Guadalupe presenta transmisividades variables entre 5 y 600 m<sup>2</sup>/día, con un promedio de 100 m<sup>2</sup>/día, conductividad hidráulica entre 0,1 y 2,0 m/día, los coeficientes de almacenamiento más comunes en este complejo, se encuentran en el rango 1\*10<sup>-4</sup> y 1\*10<sup>-7</sup>. La producción de los pozos que captan esta unidad acuífera entre los 60 y 600 m de profundidad, oscila entre 2 y 40 l/s, con capacidades específicas entre 0,1 y 6 l/s/m (Tabla 4.22).

**Tabla 4. 22. Parámetros hidrológicos del acuífero Guadalupe.**

Parámetro	Rango	Valores Representativos
Producción (m <sup>3</sup> /día)	50-7.000	150-1.000
Capacidad Especifica (m <sup>3</sup> /día/m)	1-1000	10-120
Transmisividad (m <sup>2</sup> /día)	1-1000	15-150
Coefficiente permeabilidad (m/día)	0,05-10,0	0,5-1,0
Coefficiente de almacenamiento (-)	10 <sup>-1</sup> -10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-3</sup>

**Fuente:** Tomada y modificada de Yachiro Engineering Co., Ltd. y Asia Air Survey Co., Ltd., 2003.

#### ♦ Complejo acuitardo del Paleógeno

Éste complejo se encuentra ubicado en la parte inferior del complejo acuífero de depósitos no consolidados y está dominado por la presencia de formaciones acuíferas y unidades poco permeables (Tabla 4.23). Litológicamente su conformación es principalmente arcillosa de buena consolidación, afectados por fallas que favorecen el flujo de las aguas subterráneas. Litológicamente corresponde a la formación Guaduas, Socha Inferior y Socha Superior.

Lito estratigráficamente se caracteriza por tener facies de sedimentación y condiciones de depositación bastante heterogéneas, influenciadas al mismo tiempo por elementos estructurales, que en conjunto no permiten una continuidad lateral ni vertical. Según estudios geofísicos del INGEOMINAS y empresas privadas (profundidades hasta 500 – 600 m) y en perforaciones de pozos para la extracción de agua, se determinó que el complejo de dichas rocas está restringido por fallas que limitan su extensión areal, características visibles tanto para la Sabana de Bogotá como para el área del DRMI.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-99





**ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE**



**Tabla 4. 23. Parámetros hidráulicos generalizados de las unidades hidrogeológicas.**

	Formación	Litología Predominante	Profundidad de los pozos (m)	Caudal (l/s)	Transmisividad	Conductividad Hidráulica (m/día)	Capacidad Especifica (l/s/m)
Cobertura de la Cuenca Artesiana	<b>Complejo Acuífero de los Depósitos Inconsolidados Neógeno - Cuaternario</b>						
	Chía (Q2ch)	Arenas, limos y gravas	< 30	0,1 - 2	-	-	< 0,1
	Sabana (Q1sa)	Arcillas, limos arenas y gravas	30 - 300	1 - 8	5 - 100	0,1 - 5	0,1 - 0,5
	Tilatá (N2t)	Gravas con matriz arenosa, arenas cuarzosas, limos, arcilla y turba	200 - 600	10 - 50	150 - 900	< 9	0,5 - 3
	<b>Complejo Relativamente Impermeable del Paleógeno</b>						
	Usme (E2u)	Limolitas y arcillolitas con intercalaciones de areniscas de diferente tamaño.	< 100	< 1	< 3	-	-
	Regadera (E2r)	Areniscas cuarzosas de diferente tamaño, con matriz arcillosa intercaladas con arcillolitas y limolitas	< 100	< 1	< 3	-	-
	Bogotá (E2b)	Arcillolitas con intercalaciones de areniscas en la parte inferior	30 - 150	0,3 - 1,5	< 3	-	< 0,03
	Cacho (E2c)	Areniscas cuarzosas de grano medio a conglomerático con capas delgadas de arcillolitas.	45 - 160	0,2 - 6	9 - 500	0,3 - 2	0,1 - 0,6
Guaduas (K2E1g)	Arcillolitas con estratos de areniscas y mantos de carbón.	50 - 150	0,3 - 2	< 5	-	< 0,03	
Piso de la Cuenca Artesiana	<b>Complejo Acuífero Guadalupe</b>						
	Labor y Tierna (K2t)	Areniscas de grano fino a grueso interestratificadas con arcillolitas y limolitas.	60 - 600	2 - 60	15 - 600	0,3 - 2	0,1 - 6
	Plaeners (K2p)	Arcillolitas, limolitas y liditas.	100 - 600	1 - 4	5 - 10	0,1 - 0,3	-0,1
	Arenisca Dura (K2d)	Areniscas cuarzosas finas con cementación silíceas, interestratificadas con limolitas y arcillolitas	100 - 600	4 - 30	5 - 350	0,5 - 2	0,1 - 2

**Fuente:** Tomada y modificada de INGEOMINAS. Informe Técnico Final, Hidrogeología: Aplicación de Técnicas Isotópicas en los Estudios de Aguas Subterráneas COL-8019, frente Sabana de Bogotá, 2001.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

#### ♦ Complejo acuífero de los depósitos inconsolidados Neógeno – Cuaternario

Para la zona de los páramos de Cristales y Castillejo se encuentran en pequeños parches correspondientes a depósitos fluvio-glaciares y coluviales de volumen relativamente pequeño, con espesores de hasta 40 m. Los depósitos se caracterizan por presentar cambios fuertes en la composición litológica y facial en cortas distancias no permitiendo diferenciar horizontes continuos y uniformes, agrupando todos estos depósitos en único y complejo acuífero altamente heterogéneo (INGEOMINAS, 1995). Al correlacionarlos litológicamente se observa que hacen parte de los Depósitos Fluvioglaciares (Qfg) y Coluviones (Qco)<sup>13</sup>.

Por todo esto y en especial por su anisotropía, las características hidráulicas de los depósitos son muy inconstantes, teniendo transmisividades entre 150 y 900 m<sup>2</sup>/día, caudales de extracción en pozos que van desde 10 hasta 50 l/s con capacidades específicas de 0,5 –3,0 l/s/m<sup>7</sup>.

Para el análisis hidrogeológico de la zona se consideró utilizar los siguientes parámetros hidrológicos por el grado de detalle a nivel de formaciones que presentan (Tabla 4.24).

**Tabla 4. 24. Parámetros hidrológicos del acuífero Cuaternario.**

Parámetros	Rango	Valores Representativos
Producción (m <sup>3</sup> /día)	30-1.500	150 - 250
Capacidad específica (m <sup>3</sup> /día/m)	1-500	4 - 30
Transmisividad (m <sup>2</sup> /día)	1.5-250	4 -15
Coeficiente de permeabilidad (m/día)	0,01-10.0	0,15 -1.0
Coeficiente de almacenamiento (-)	10 <sup>-7</sup> -10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-5</sup> -10 <sup>-3</sup>

**Fuente:** Tomada y modificada de Yachiro Engineering Co., Ltd. y Asia Air Survey Co., Ltd., 2003.

#### 4.1.5.2 Unidades hidrogeológicas de importancia

A continuación se hará una descripción de las unidades hidrogeológicas ubicadas en el área del DRMI.

#### ♦ Unidad hidrogeológica Fόμεque

Litológicamente está conformada predominantemente de arcillolitas negras con intercalaciones de rocas calcáreas tabulares de espesor variable; las características genéticas de estas rocas permiten que la existencia de poros y la conexión entre ellos sea

<sup>13</sup> Tomado y modificado de INGEOMINAS. Informe Técnico Final, Hidrogeología: Aplicación de Técnicas Isotópicas en los Estudios de Aguas Subterráneas COL-8019, frente Sabana de Bogotá, 2001, Pág. 16-18.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-101



baja, presentándose en las primeras condiciones de alta porosidad y baja permeabilidad y en las segundas baja porosidad y baja permeabilidad, circunstancias favorables para que en conjunto se comporten como una unidad hidrogeológica de acuícluido.

#### ♦ Unidad hidrogeológica Une

Debido a que litológicamente está conformada por capas gruesas, medianas y delgadas de cuarzoarenitas de textura muy fina y fina, con cemento silíceo, e intercaladas con capas de arcillolitas, sus características hidrogeológicas son bastante limitadas ya que la existencia de poros y su conectividad es significativamente baja, presenta diaclasamiento lo que permite que exista porosidad secundaria, considerándose rocas de muy baja productividad y definiéndose como una unidad de tipo acuícluido.

#### ♦ Unidad hidrogeológica Chipaque

Litológicamente está conformada por arcillolitas, con intercalaciones de arenitas cuarzosas de textura fina; lo que permite que en su estructura se generen condiciones de media porosidad y de baja a nula permeabilidad, dependiente esta última de la existencia de fracturas dentro de las capas de roca, es decir permeabilidad de tipo secundario. Es considerada como una unidad litológica de tipo acuícluido.

#### ♦ Unidad hidrogeológica Conejo

Es de importancia hidrogeológica el conjunto medio del segmento inferior de la unidad, ya que litológicamente está conformado por intercalaciones de capas gruesas de areniscas de grano fino con arcillolitas en capas delgadas; en la base del este segmento se encuentran arcillolitas y capas delgadas de carbón y en la parte superior arcillolitas y calizas, que funcionan como sellos del acuífero. Las características de éste nivel arenoso corresponden a condiciones de media porosidad y media permeabilidad, lo que permite que se comporte como acuífero. Sin embargo no se considera de gran importancia ya que las capas no son de un espesor significativo, almacenando y transmitiendo cantidades relativamente poco importantes de agua para una posible explotación.

El segmento superior de forma general está conformado por arcillolitas, con algunas intercalaciones de arenitas y calizas, caracterizadas por presentar altas porosidades (en las arcillolitas y areniscas), bajas porosidades en las calizas y en conjunto una conexión poral casi inexistente; llevando a que la unidad sea catalogada como acuícluido.

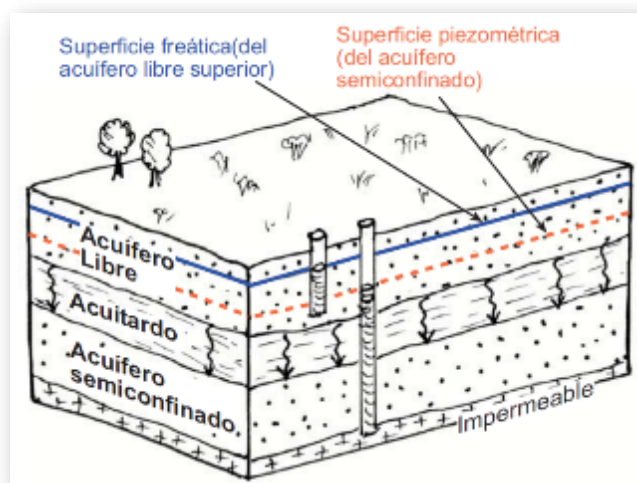
#### ♦ Unidad hidrogeológica Arenisca Dura

Para la zona de los Páramos Cristales-Castillejo es de vital importancia como unidad acuífera, ya que se presenta en varias franjas dentro de éstos. Litológicamente está conformada por cuarzo arenitas de textura fina, intercaladas con capas de arcillolitas. Las características de porosidad y permeabilidad de los niveles arenosos son favorables para

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-102

la transividad y transmisibilidad de las aguas subterráneas, llevando a la consideración de la unidad como acuífero; el comportamiento de dicho acuífero es de confinado a semiconfinado por la existencia de niveles arcillosos como intercalaciones dentro de la misma unidad y en el techo y la base de la misma, referidos a la formación Plaeners y nivel superior de la formación Une, respectivamente (Figura 4.46). En los bordes, donde la roca se encuentra aflorante puede encontrarse como acuífero libre (Tabla 4.23).

**Figura 4. 46. Ejemplo de formacion de acuífero semiconfinado para el caso de la formacion Arenisca Dura, con la Fm Conejo en su base y la Fm Plaeners en su tope.**



**Fuente:** Universidad de Salamanca: Conceptos Fundamentales de Hidrogeología, Javier Sanchez San Román – Dpto. de Geología, España, 2012.

#### ♦ Unidad hidrogeológica Plaeners

Debido a su conformación litológica fundamentalmente de arcillolitas, las condiciones de porosidad son altas pero la permeabilidad es muy baja, casi nula estando relacionada a un origen secundario, no siendo favorable para el flujo de las aguas subterráneas y conduciendo a la unidad a ser catalogada como acuitardo. Es considerada de importancia ya que funciona como capa semipermeable en el techo de la formación Arenisca dura, ayudando a la formación del acuífero semiconfinado en esta última (Tabla 4.23).

#### ♦ Unidad hidrogeológica Labor-Tierna

Es de vital importancia como acuífero junto con la formación Arenisca Dura, aflora igualmente en franjas y parches pequeños dentro del área de los páramos; algunos autores lo referencian como el acuífero de mayor importancia en el Complejo Acuífero de Guadalupe. Litológicamente está conformado por areniscas cuarzosas de textura fina, separadas en su parte media por una capa de arcillolitas, considerada como el límite de la

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



arenisca Labor con la arenisca Tierna; las propiedades hidrogeológicas asociadas a porosidad y permeabilidad de los niveles arenosos permiten un buen aprovechamiento de sus aguas. Igualmente puede ser considerado como un acuífero libre en los sectores donde la roca está expuesta y semiconfinado en profundidad, esto último ya que en su parte superior descansa la formación Guaduas que funciona como acuitardo (Tabla 4.23).

#### ♦ Unidad hidrogeológica Guaduas

Litológicamente está conformada en su mayoría por arcillolitas intercaladas con capas de carbón; éstas características hacen que las condiciones de porosidad sean altas pero la conexión poral sea casi nula, dificultando el flujo de aguas a través de ella y relacionándose a permeabilidad secundaria. Hidrogeológicamente es importante debido a que actúa como acuitardo o acuícluido en el techo de la formación Labor-Tierna (Tabla 4.23).

#### ♦ Unidad hidrogeológica Cacho

Al estar conformada por cuarzoarenitas de grano fino a grueso, friables y submaduras, estratificadas en capas gruesas y muy gruesas, curvadas, no paralelas y discontinuas, las condiciones de porosidad y permeabilidad son favorables para el flujo y contención de aguas subterráneas, este último facilitado por el tipo de estratificación. El conjunto de estas características hacen de esta unidad un importante acuífero (Tabla 4.23).

#### ♦ Unidad hidrogeológica Socha Inferior

Está conformada por arenitas cuarzosas de textura muy fina hasta conglomerática, submaduras y friables, en estratificación curvada, paralela y discontinua de capas muy gruesas. La textura permite que la porosidad se desarrolle en buena medida y su baja compactación facilita la conexión poral. La unidad hacia el contacto con la formación Guaduas y hacia la formación Socha Superior, se desarrolla en capas medianas y gruesas con intercalación de arcillolita. El conjunto de estas características permite caracterizar la formación como acuífero semiconfinado, por la existencia de capas impermeables en techo y base.

#### ♦ Unidad hidrogeológica Bogotá

Conformada principalmente por arcillolitas y lodolitas, con algunas intercalaciones en la base de areniscas, presenta condiciones de porosidad alta y permeabilidad baja, únicamente relacionada a diaclasamiento; es considerada acuitardo techo del acuífero Cacho.

#### ♦ Unidad hidrogeológica Socha Superior

Litológicamente está conformada por arcillolitas con intercalaciones menores de lodolitas y arenitas, limitando sus características hidrogeológicas a alta porosidad y muy baja

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-104





permeabilidad, restringida esta última a diaclasamiento; la unidad es considerada acuitardo techo del acuífero Socha Inferior.

#### ♦ Unidad hidrogeológica Picacho

Está conformada por capas muy gruesas de cuarzoarenitas de textura media hasta conglomerática, friables, de inmaduras a submaduras; se encuentran también algunas intercalaciones de lechos de guijos y de lodolitas. Estas características litológicas permiten que en la roca la porosidad sea buena, existiendo al mismo tiempo buena conexión poral (orden primario) y sea facilitado el flujo de aguas a través de ellas. La unidad es considerada acuífero.

#### ♦ Unidad hidrogeológica de depósitos Cuaternarios

Constituidos en general por dos tipos de depósito; el primero de origen fluvio-glaciar, compuestos por cantos, bloques y fragmentos de arenitas de menor tamaño, subredondeados y pobremente calibrados, embebidos en una matriz areno-arcillosa; el segundo de origen coluvial, compuestos por cantos grandes, embebidos en una matriz arcillosa. En ambos casos aunque la matriz es arcillosa, el hecho de no estar consolidados permite que hidrogeológicamente el depósito tenga características de porosidad y permeabilidad favorables, facilitando el almacenamiento y transporte de aguas subterráneas y permitiendo así la caracterización como acuíferos potenciales.

#### 4.1.5.3 Zonas de recarga

Para la zona en estudio las unidades geológicas de mayor importancia como acuíferos hacen referencia a las Formaciones Conejo, Arenisca Dura, Labor-Tierna, Cacho, Socha Inferior, Picacho y los Depósitos Cuaternarios.

Dentro de la zona de páramo, la recarga de acuíferos se da por la infiltración del agua superficial a través de tres sistemas principalmente: sitios en los cuales la unidad litológica está expuesta en superficie, por planos inclinados (planos estructurales de las unidades) y planos de debilidad asociados a diaclasas y fallas. Igualmente al encontrarse dentro de un área de páramo, la recarga de los acuíferos es constante, manteniendo tablas de agua y niveles freáticos altos durante gran parte del año, disminuyendo someramente en épocas secas.

Para las unidades cuya área aflorante es reducida, como es el caso de las formaciones Conejo, Arenisca Dura, Cacho y Labor-Tierna, la recarga se da por la infiltración de aguas a través de las fallas del río Icabuco y Machetá junto con sus retrocabalgamientos, y de los planos estructurales, sin dejar de ser importante la recarga por la infiltración en donde las unidades están expuestas en superficie. Para las unidades restantes la recarga de los acuíferos se da principalmente por la simple infiltración de escorrentía superficial dentro de la unidad.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-105



#### 4.1.6 Geología económica

Dentro de la zona en estudio están expuestas unidades litológicas que contienen minerales potencialmente representativos en la minería.

Como principal actividad minera, dentro del DRMI, se encuentran canteras de recebo de poca extensión, provenientes de areniscas cuarzosas de las Formaciones Une, Socha Inferior y Cacho; se encuentran ubicadas en el sector de Sisa en la vía Tibaná - Chinavita, y en las vertientes del río Bosque en la vía que conduce a Úmbita. Por sus características litológicas de altos contenidos de cuarzo, las formaciones Une y Labor-Tierna son utilizadas como fuente de arenas silíceas para la fabricación de vidrio; dentro de la zona de páramo se encuentran algunas canteras de menor extensión, siendo más representativa la explotación en la parte externa sur del páramo de Cristales, en el alto que divide los municipios de La Capilla y Tibirita.

Es común encontrar expresiones de hierro de textura oolítica, dentro de los afloramientos de la formación Fómeque, sin embargo no se ha calculado volúmenes o potenciales para beneficio minero. Como material fuente para agregados se encuentran capas de buen espesor de calizas limpias y explotables en las formaciones Fómeque y Chipaque.

Entre las canteras y lugares de explotación encontrados en las áreas de estudio se encuentran 7 canteras de recebo, 4 canteras donde se extrae un material de relleno, con una composición de cuarzo arenitas bien cementadas, otras tres canteras se extrae Plaeners, estas canteras se extrae material que es utilizado únicamente como recebo (Tabla 4.25).

**Tabla 4. 25. Localización de canteras del área de estudio, en naranja canteras de material arenoso, en verde canteras de Plaeners.**

ESTACIÓN	X	Y	Z	UNIDAD GEOLÓGICA	VEREDA / MUNICIPIO
Cantera 1:	1.062.153	1.068.955	3.186	K2d- Formación Arenisca Dura	Nueve Pilas / Úmbita
Cantera plaeners y arcillolitas 1	1.066.527	1.077.941	2.872	K2p – Formación Plaeners	Pozo Negro / Turmequé
Cantera Plaeners y arcillolitas 2	1.064.876	1.077.301	2.782	K2p – Formación Plaeners	Pozo Negro / Turmequé
Cantera La Capilla	1.068.372	1.057.826	2.097	K1K2U1 – Formación Une Superior	Camagoa / La Capilla
Cantera de recebo, Pachavita	1.074.883	1.061.337	1.922	K1K2U2 – Formación Une Superior	Sacaneca Alta / Pachavita
Cantera Plaeners 3	1.074.769	1.066.903	2.284	K2d - Formación Arenisca Dura	Suaquira Arriba / Pachavita
Cantera en Deposito Glaciar	1.072.418	1.065.801	2.725	Qfg - Depósitos Fluvio Glaciares	La Palma / Úmbita

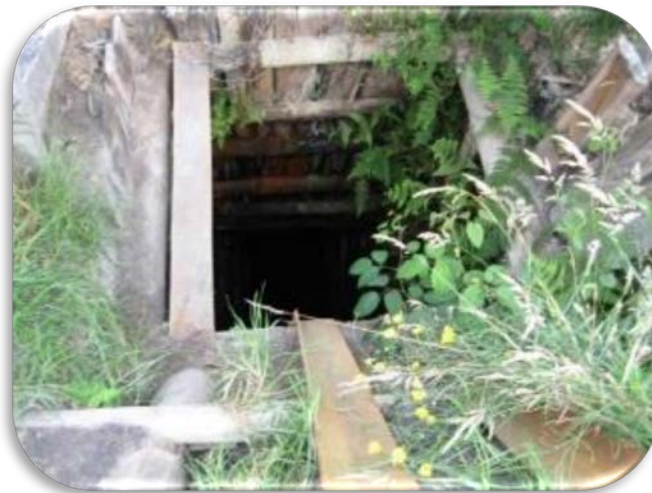
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-106

Con respecto a la extracción de rocas fosfóricas para su utilización en la industria de los fertilizantes, la formación Plaeners contiene capas delgadas de porcelanitas y chert ricas en foraminíferos y restos óseos de peces, los que en conjunto generan esporádicos niveles de roca fosfórica. Aunque la formación tiene presencia dentro del área en estudio no se encontraron canteras relacionadas a este tipo de material.

El carbón es quizás el material de mayor importancia económica dentro del área de los páramos de Cristales y Castillejo, ya que dentro de la formación Guaduas se encuentran niveles de carbón con espesores que van desde 60 cm a 1 m y se ubican en casi toda la unidad, con buenas calidades caloríficas. En la actualidad se encuentran minas artesanales de socavón en el municipio de Úmbita.

En la vereda Nueve Pilas de Úmbita, se encontró un lugar de extracción de carbón mineral inactivo, con un área de 1.500 m<sup>2</sup>, representado en superficie por la entrada de un túnel de 30 metros de profundidad, 2 x 2 m de ancho y alto, con una inclinación de 65° (Estación: Mina de carbón) (Foto 4.25).

**Foto 4. 25. Entrada del túnel, mina de carbón, Vereda Nueve Pilas, Úmbita, observe la infiltración de aguas subterráneas a la estructura de madera del túnel y consigo precipitación de minerales pesados como óxidos e hidróxidos de fierros y otros metales pesados.**



Para el ascenso del mineral, la mina Carbones del Chuscal, cuenta con un sistema de rieles de acero en el cual se desplaza un vagón de 1 x 1 x 2 m<sup>3</sup> y su movimiento es a través de un motor diesel desde la superficie al interior del túnel, el resto de la estructura del túnel es de madera. Para el embalaje del mineral en los vehículos transportadores como volquetas, se ha ensamblado a la boca del túnel un sistema de desembarque del vagón en una rampa y esta dirige el mineral hacia los vehículos de transporte terrestre, en este proceso de traspaso del mineral se acumulan residuos en la base de la rampa que con el tiempo pueden acumularse varios metros cúbicos de residuos (Foto 4.26).

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

**Foto 4. 26. Entrada del túnel, vista del sistema de acoplado para las labores de desembarque del carbón.**



A 20 metros de la salida del túnel se encuentra un drenaje que ha sufrido varias intervenciones por parte de los mineros, como es que en un primer caso se dirigiera a través de un tubo de cemento de 50 cm de diámetro, para así no contaminar el drenaje con residuos y desechos de la explotación y un proceso continuo antes y durante la explotación del mineral son las labores de drenar el agua que se infiltra en el interior de la mina y que son una barrera para la extracción, para lograrlo se bombea agua del interior de la mina hacia la superficie, y termina vertiéndose en el drenaje más próximo y para que algunos agentes contaminantes presentes en estos vertimientos no deterioren el medio ambiente se han construido en el lugar unas piscinas de decantación y concentración de minerales pesados, sin embargo son de un tamaño reducido para la producción de vertimientos que genera la mina, en un proceso final se vierte en el drenaje el agua infiltrada en el interior del túnel (Foto 4.27). El sistema de vertimiento se realiza por medio de una manguera plástica de 5 cm de diámetro y una motobomba convencional. Cada piscina tiene 1 x 1 x 1,2 m, y son 5 piscinas comunicadas continuamente, y con una capacidad de 6 m<sup>3</sup> de agua totalmente llenas todas las cinco piscinas (Foto 4.28).

Se encuentran derrames de aceite del motor diesel en el suelo, sin ningún tratamiento o medida preventiva al accidente, estos accidentes son notables en varias partes de la zona de extracción, el suelo absorbe una cantidad de este aceite y además las escorrentías lavan estos lubricantes y terminan en el drenaje (Foto 4.29).

El sector donde se ubica la explotación es puramente agricultor y ganadero y la mina no concuerda con la planeación del uso del territorio, donde se encuentran viviendas habitadas a menos de 30 metros de distancia del punto de extracción.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-108



Foto 4. 27. Tubería de concreto de 0.5 m de diámetro por la cual se encauce el drenaje a 20 metros de la entrada del túnel de la mina.



Foto 4. 28. Piscinas de decantación para tratamiento de vertimientos de la mina de carbón, los vertimientos salientes se dirigen directamente al drenaje ubicado a 2 metros de la salida (en rojo).



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-109



**Foto 4. 29. Derrame de aceite de motor en el suelo en el lugar de la extracción como producto del uso de maquinaria pesada.**



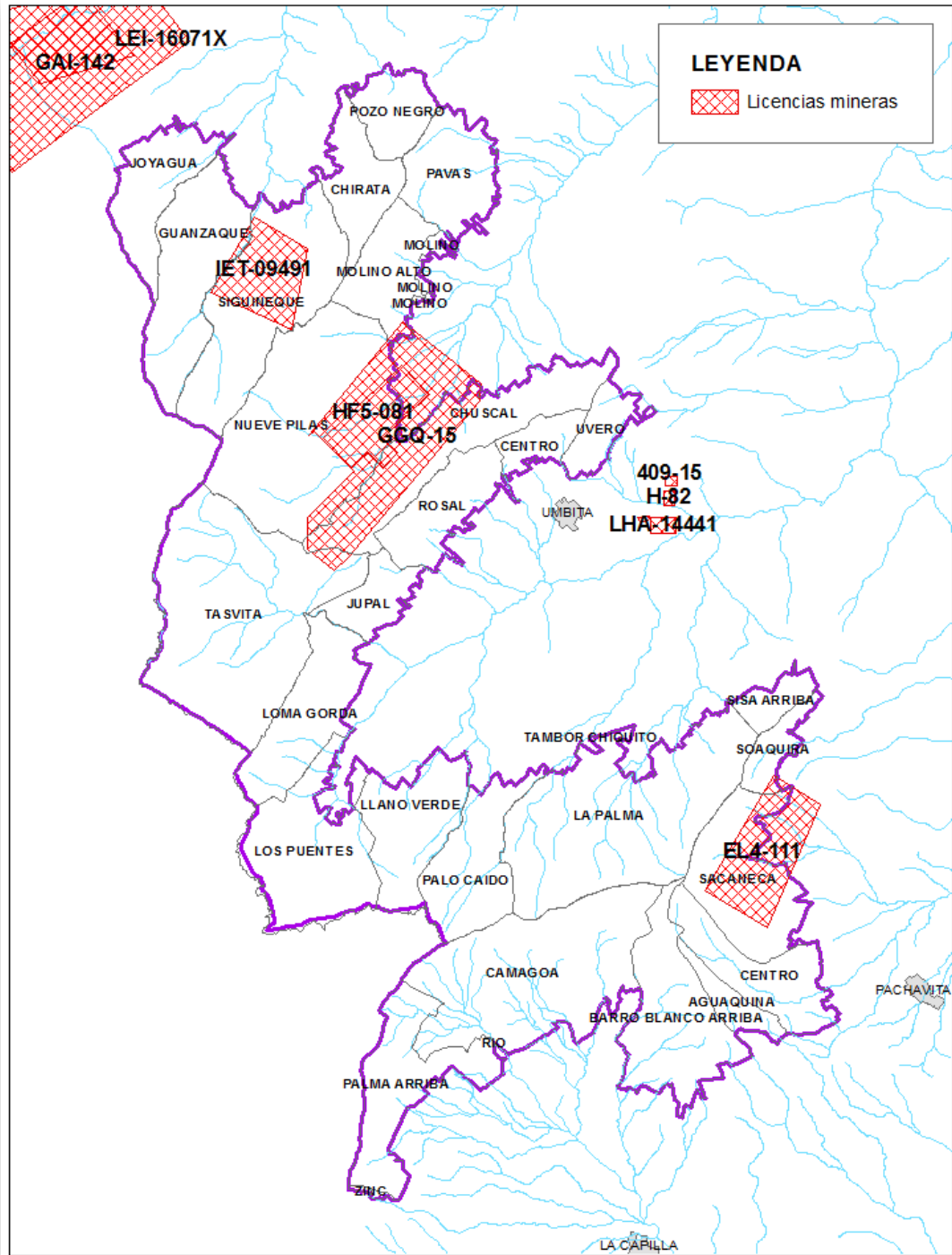
Aunque evidentemente dentro de la zona de páramo la presencia de rocas con importancia económica es fuerte, y en el momento algunas de estas están siendo explotadas, es importante aclarar que la extracción de materiales es uno de los factores que mayor alteración produce en el ambiente. De manera que tanto la minería a cielo abierto como subterránea, alteran el ecosistema; en el primer caso, al hacer la remoción de plantas y musgos de páramo, se interrumpe la infiltración de aguas a los acuíferos, pues desaparecen los factores reguladores de la condensación–percolación, además de exponer las rocas a procesos denudativos y erosivos; en el segundo caso la remoción de plantas es menor, sin embargo, en este caso se ve afectado el modelo hidrogeológico, ya que en la perforación del socavón son afectadas unidades hidrogeológicas tanto de características de acuífero como de acuitardo, llevando a un descenso en la tabla de agua y la posterior desaparición de zonas de descarga y prospección como manantiales, aljibes y pozos.

#### **4.1.6.1 Títulos mineros existentes en el área de influencia del DRMI**

En el área de influencia del DRMI se han otorgado los cuatro títulos mineros que se relacionan en la Tabla 4.26, las cuales se espacializan en la Figura 4.47.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-110

Figura 4. 47. Localización de los títulos mineros existentes en el área de influencia del DRMI.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	
			Página:	4-111



Tabla 4. 26. Títulos mineros otorgados en jurisdicción del DRMI.

Municipio	Turmequé	Úmbita	Úmbita	Pachavita
Vereda	Guanzaque, Siguineque	Nueve Pilas	Nueve Pilas	Sacaneca
Área otorgada	2.170.000,00	5.476.447,48	1.648.875,00	
No. Título	IET-09491	GGQ-15	HF5-081	EL4-111
Material a explotar	Roca fosfórica	Carbón	Carbón	Carbón mineral
Entidad que otorga título minero	INGEOMINAS	INGEOMINAS		Servicio Geológico Colombiano
Licencia ambiental CORPOCHIVOR	En trámite	006-07	En trámite	2012
Estado de la licencia		Vigente		
Titular		Carbones del Chuzcal		Yolanda Contreras Rey
Resolución de licencia ambiental		88 de 2007		

Como se muestra, la única mina que se encuentra activa por disponer de los permisos requeridos es la de Carbones del Chuzcal con título minero y licencia ambiental otorgada por CORPOCHIVOR.

#### 4.1.7 Suelos

En el diagnóstico del recurso suelo para la “Actualización y Socialización del Plan de Manejo Ambiental para el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque”, se desarrollaron las etapas de: 1° recopilación, procesamiento y análisis de la información (Anexo 5), estableciendo como principal fuente de información los documentos oficiales entregados por CORPOCHIVOR; 2° se realizó un inventario de las unidades de tipo de suelo en el DRMI; 3° se caracterizó el tipo de suelo, mediante la información secundaria disponible y con la toma y análisis de 10 muestras de suelo; 4° se determinó el potencial uso así como el conflicto existente, mediante los parámetros establecidos en la metodología mencionada.

##### 4.1.7.1 Unidades taxonómicas

La definición de las unidades taxonómicas de los suelos se realiza tomando como referencia el estudio realizado por el IGAC y la UPTC del año 2005<sup>14</sup>, titulado “Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá” y el documento de CORPOCHIVOR y la Universidad Militar del 2009 “Complementación y actualización del estudio sobre el estado actual del área de páramos en los sectores de Bijagual,

<sup>14</sup> Ibid.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-112

Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Ambiental para dichas áreas<sup>15</sup>.

En la Tabla 4.27 se presentan las unidades taxonómicas con su distribución en el DRMI (Figura 4.48 y en el Mapa 10 del Anexo cartográfico).

**Tabla 4. 27. Unidades taxonómicas en el DRMI.**

Suelo	Unidad taxonómica	Municipio	Vereda	Área (ha)	Porcentaje		
MHE	MHEf	Turmequé	Chirata	5,24	0,05		
			Joyagua	62,30	0,54		
			Guanzaque	176,46	1,52		
			Siguineque	263,49	2,28		
		Úmbita	Molino	8,17	0,07		
			Nueve Pilas	56,73	0,49		
	<b>Subtotal MHEf</b>				<b>572,38</b>	<b>4,95</b>	
	MHEg	La Capilla	Barro Blanco Arriba	8,63	0,07		
			Camagoa	86,76	0,75		
			Palma Arriba	21,59	0,19		
		Úmbita	Chuscal	45,63	0,39		
			Nueve Pilas	309,81	2,68		
			Tasvita	815,55	7,05		
			Loma Gorda	26,24	0,23		
			Los Puentes	204,90	1,77		
			Llano Verde	161,66	1,40		
			La Palma	554,45	4,79		
			Palo Caído	233,04	2,01		
		Pachavita	Centro	12,06	0,10		
			Sacaneca Arriba	8,46	0,07		
		Turmequé	Joyagua	30,05	0,26		
			Guanzaque	118,71	1,03		
			Siguineque	221,70	1,92		
		<b>Subtotal MHEg</b>				<b>2.859,25</b>	<b>24,71</b>
		<b>Subtotal MHE</b>				<b>3.431,62</b>	<b>29,65</b>
	MHV	MHVd	Turmequé	Joyagua	80,52	0,70	
			<b>Subtotal MHVd</b>		<b>80,52</b>	<b>0,70</b>	
<b>Subtotal MHV</b>				<b>80,52</b>	<b>0,70</b>		
MLE	MLEf	Úmbita	Chuscal	361,93	3,13		
			Uvero	124,07	1,07		
			Jupal	95,05	0,82		

<sup>15</sup> CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Ambiental Para Dichas Áreas. Bogotá D. C.



**ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE**



Suelo	Unidad taxonómica	Municipio	Vereda	Área (ha)	Porcentaje	
MLE	MLEf	Úmbita	La Palma	5,58	0,05	
			Los Puentes	246,78	2,13	
			Rosal	259,20	2,24	
			Tasvita	3,95	0,03	
			Molino	0,00	0,00	
			Loma Gorda	326,25	2,82	
			Sisa Arriba	0,14	0,00	
			Llano Verde	71,54	0,62	
			Palo Caído	13,47	0,12	
			Nueve Pilas	0,21	0,00	
		Pachavita	Centro	116,02	1,00	
	<b>Subtotal MLEf</b>			<b>1.624,20</b>	<b>14,03</b>	
	MLEg	Úmbita	Chuscal	102,29	0,88	
			Jupal	65,85	0,57	
			La Palma	477,89	4,13	
			Llano Verde	135,42	1,17	
			Loma Gorda	33,08	0,29	
			Los Puentes	77,07	0,67	
			Nueve Pilas	27,62	0,24	
			Palo Caído	113,61	0,98	
			Rosal	19,00	0,16	
			Sisa Arriba	94,62	0,82	
			Tambor Chiquito	0,04	0,00	
			Tasvita	323,63	2,80	
			La Capilla	Barro Blanco Arriba	325,15	2,81
				Camagoa	29,52	0,26
		Pachavita	Aguaquina	70,15	0,61	
			Centro	134,28	1,16	
			Sacaneca	333,88	2,88	
			Soaquira	87,78	0,76	
		<b>Subtotal MLEg</b>			<b>2.450,88</b>	<b>21,18</b>
		<b>Subtotal MLE</b>			<b>4.075,09</b>	<b>35,21</b>
		MLV	MLVd1	La Capilla	Palma Arriba	97,11
Camagoa					19,33	0,17
Úmbita	Chuscal			50,86	0,44	
	Nueve Pilas			552,49	4,77	
	Rosal			1,61	0,01	
	Tasvita			0,39	0,00	
	Molino			25,49	0,22	
	Molino Alto			66,20	0,57	
	Pavas			45,57	0,39	
	Uvero			8,92	0,08	

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-114



Suelo	Unidad taxonómica	Municipio	Vereda	Área (ha)	Porcentaje
MLV	MLVd1	<b>Subtotal MLVd1</b>		<b>867,98</b>	<b>7,50</b>
	MLVe1	La Capilla	Barro Blanco Arriba	81,18	0,70
		Pachavita	Aguaquina	28,89	0,25
			Centro	162,28	1,40
			Sacaneca	108,46	0,94
			Soaquira	20,94	0,18
	<b>Subtotal MLVe1</b>			<b>401,74</b>	<b>3,47</b>
	MLVf1	La Capilla	Palma Arriba	301,73	2,61
			Zinc	8,67	0,07
			Barro Blanco Arriba	71,99	0,62
			Camagoa	781,27	6,75
		Pachavita	Centro	13,35	0,12
			Aguaquina Arriba	0,03	0,00
		Úmbita	La Palma	0,23	0,00
			Palo Caído	0,02	0,00
	<b>Subtotal MLVf1</b>			<b>1.177,29</b>	<b>10,17</b>
	<b>Subtotal MLV</b>				<b>2.447,01</b>
MME	MMEf	Turmequé	Pozo Negro	175,61	1,52
			Chirata	50,74	0,44
			Joyagua	126,45	1,09
			Guanzaque	209,28	1,81
			Siguineque	58,31	0,50
		Úmbita	Pavas	255,72	2,21
			Molino	4,97	0,04
			Molino Alto	144,23	1,25
			Nueve Pilas	83,43	0,72
		<b>Subtotal MMEf</b>			<b>1.108,73</b>
<b>Subtotal MME</b>				<b>1.108,73</b>	<b>9,58</b>
MMX	MMXe1	Turmequé	Pozo Negro	15,06	0,13
			Siguineque	158,89	1,37
			Guanzaque	3,54	0,03
			Chiratá	192,15	1,66
		Úmbita	Pavas	9,46	0,08
			Molino Alto	51,38	0,44
		<b>Subtotal MMXe1</b>			<b>430,48</b>
<b>Subtotal MMX</b>				<b>430,48</b>	<b>3,72</b>
<b>Total DRMI</b>				<b>11.573,45</b>	<b>100,00</b>

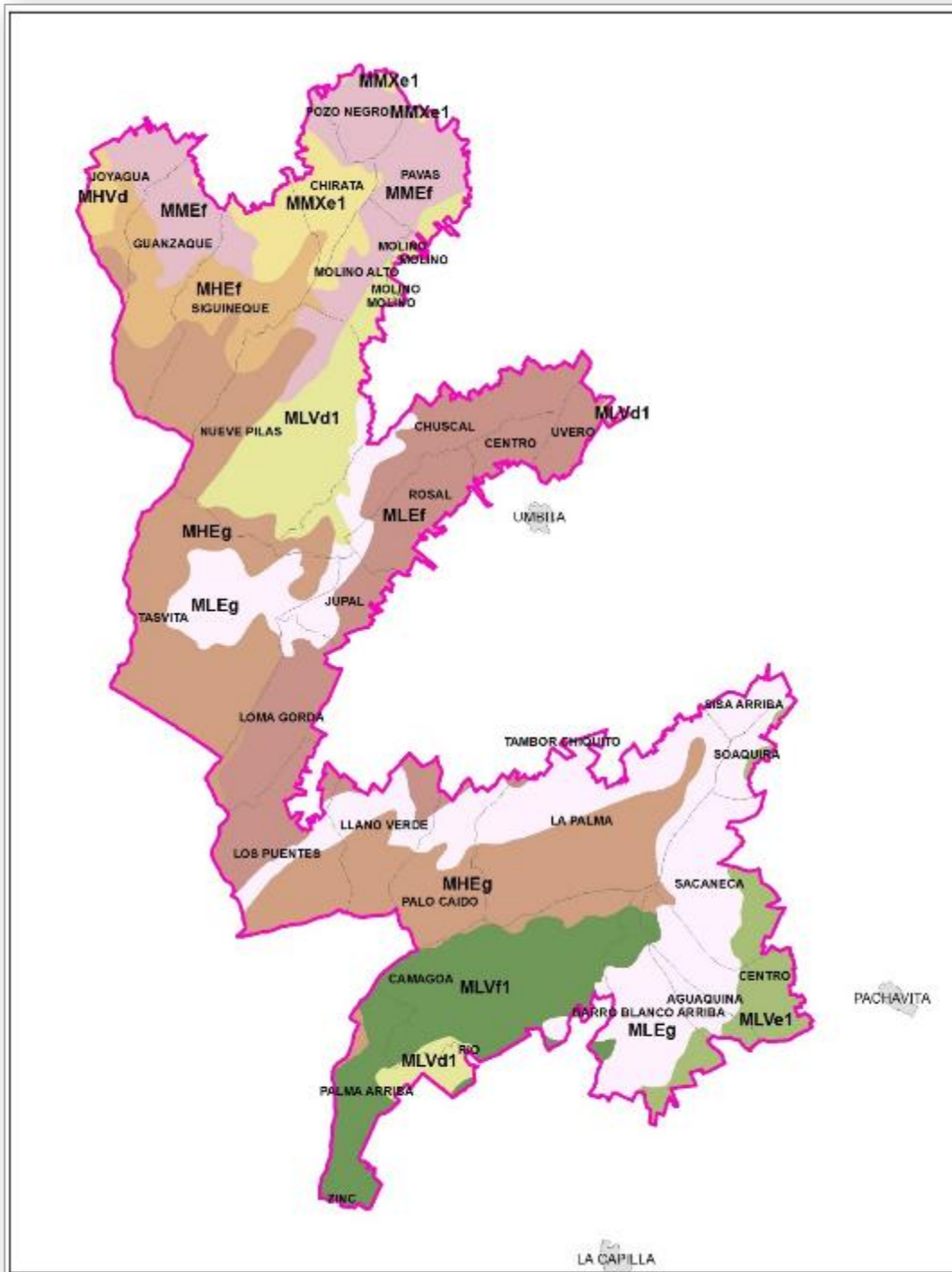
Se evidencia que la unidad con mayor ocupación en el DRMI es MHEg, con un 24,71% mientras que la unidad MHVd con 0,70% es la unidad con menor área en el territorio.



ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
 PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
 PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE



Figura 4. 48. Mapa con las unidades de suelo del DRMI.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



♦ **Asociaciones presentes en el DRMI**

\* **Asociación Humic Dystrustepts - Typic Haplustalfs – Typic Haplustands (MMX)**

La Asociación está constituida en un 30% por *Humic Dystrustepts*, 30% por *Typic Haplustalfs*, 30% por *Typic Haplustands* y 10% en inclusiones de *Typic Ustorthents*, *Lithic Dystrustepts* y *Fluventic Haplustepts*<sup>16</sup>.

Generalmente se encuentra entre altitudes de 2.000 y 3.000 metros sobre el nivel del mar; el clima ambiental es frío, seco, caracterizado por tener temperaturas que oscilan entre 12 y 18°C y precipitaciones promedio anuales inferiores a los 1.000 milímetros. La zona de vida ecológica es de bosque seco Montano Bajo (bs-MB) según la clasificación de Holdridge<sup>17</sup>.

Estos suelos se han originado principalmente de areniscas, lutitas, lodolitas y de depósitos superficiales gravigénicos heterométricos; también en amplios sectores han evolucionado de ceniza volcánica. Los tipos de relieves corresponden a lomas, cuevas y glaciares de topografía ligera a fuertemente quebrada, con pendientes inferiores al 50%.

Los suelos de ésta asociación presentan relieve ligera a fuertemente quebrado, con pendientes 7-12%, 12-25% y 25-50%; afectados por movimientos en masa (soliflucción) terracetos, reptación y erosión hídrica en grado ligero; suelos superficiales, limitados por contenidos tóxicos de aluminio, bien drenados, pH muy fuerte a fuertemente ácido y fertilidad baja a alta.

En el DRMI se encuentra la fase MMXe1, caracterizada por ser de una topografía fuertemente quebrada y erosión ligera<sup>18</sup>; se localiza al norte en jurisdicción de los municipios de Turmequé y Úmbita, sobre un área de 430,48 ha equivalentes al 3,72% del territorio del Distrito.

\* **Asociación Pachic Fulvudands - Andic Dystrudepts – Humic Dystrudepts. (MLV)**

La unidad está integrada por *Pachic Fulvudands* 40%, *Andic Dystrudepts* 30%, *Humic Dystrudepts* 20% e inclusiones de *Lithic Udorthents*, *Vertic Eutrudepts* e *Inceptic Hapludalfs* 10%<sup>19</sup>.

<sup>16</sup> IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

<sup>17</sup> CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Ambiental Para Dichas Áreas. Bogotá D. C.

<sup>18</sup> Ibíd.

<sup>19</sup> IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



La unidad se presenta en alturas entre los 2.100 y 3.400 msnm. El clima ambiental es frío húmedo, con temperatura media anual de 14°C y una precipitación promedio anual inferior a los 2.000 mm; según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque muy húmedo Montano Bajo (bh-MB).

Estos suelos se han originado principalmente de cenizas volcánicas que sepultan rocas sedimentarias localizadas en tipos de relieve de Vigas, Lomas y Glacis; su topografía es moderadamente quebrada a moderadamente escarpada con pendientes entre 12 y 75%. Esta unidad se encuentra afectada por procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos y desprendimiento de roca evidentes en las zonas libres de vegetación arbórea, y por escurrimiento difuso en grado ligero<sup>20</sup>.

Esta Asociación presenta relieve moderado a fuertemente quebrado y moderadamente escarpado, con pendientes 12-25%, 25-50% y 50-75%, afectados por escurrimiento difuso, erosión laminar en grado ligero y movimientos en masa; suelos muy profundos a superficiales, limitados por saturaciones de aluminio mayores del 80%, bien drenados, de texturas franco fina, reacción fuertemente ácida, en algunos suelos y fertilidad moderada a baja.

En el DRMI se encuentra la fase MLVd1, caracterizada por ser topográficamente moderada y quebrada con erosión ligera y las fases MLVd1, MLVf1 y MLVe1, fase topográfica moderadamente escarpada con erosión ligera<sup>21</sup>. Se distribuyen en los municipios de Umbita y La Capilla sobre un área de 2.447,01 ha equivalentes al 21,14% del territorio del Distrito.

\* **Complejo Lithic Udorthents - Oxic Dystrudepts – Afloramientos Rocosos. (MHE)**

El complejo está integrado por *Lithic Udorthents* 45%, *Oxic Dystrudepts* 35% y Afloramientos Rocosos 20%<sup>22</sup>.

Estos suelos se localizan en alturas que oscilan entre los 2.900 y 3.400 msnm, correspondiente a un clima muy frío, húmedo, el cual se caracteriza por tener una temperatura media de 10°C y una precipitación promedio anual de 750 milímetros. Según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica denominada bosque húmedo Montano (bh-M)<sup>23</sup>.

Los suelos se localizan en las crestas homoclinales abruptas y en los crestones homoclinales, todos ellos originados a partir de rocas sedimentarias clásticas arenosas con

<sup>20</sup> CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Ambiental Para Dichas Áreas. Bogotá D. C

<sup>21</sup> Ibíd.

<sup>22</sup> IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

<sup>23</sup> Ibíd.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



intercalaciones limoarcillosas, con recubrimiento de ceniza volcánica en sectores de poca extensión. La topografía es fuertemente escarpada con pendientes mayores del 50%. Se encuentran afectados por procesos de remoción en masa, especialmente desprendimientos de roca y erosión hídrica. La vegetación natural se conserva y es principalmente arbórea y arbustiva

Relieve moderado y fuertemente escarpado, con pendientes superiores al 50%, suelos físicamente sin limitantes en su profundidad pero químicamente superficiales por presentar saturación de aluminio mayor del 75%, bien drenados, de texturas medias con gravilla, reacción extremadamente ácida, y fertilidad baja.

En el DRMI se encuentran las fases MHEf y MHEg. La primera es topográfica moderadamente escarpada. La segunda, es topográficamente fuerte y escarpada<sup>24</sup>. Se ubican principalmente en los municipios de Úmbita y Turmequé, y en pequeños sectores de La Capilla y Pachavita, sobre un área de 3.431,62 ha equivalentes al 29,65% del territorio del Distrito.

\* **Complejo Lithic Ustorthents – Humic Dystrustepts – Afloramientos Rocosos. (MME)**

La unidad está compuesta por *Lithic Ustorthents* 40%, *Humic Dystrustepts* 30%, Afloramientos Rocosos 20% e inclusiones de *Dystric Haplustands*, *Inceptic Haplustalfs* y *Fluvaquentic Haplustolls* 10%<sup>25</sup>.

Estos suelos se encuentran dentro del clima frío seco, donde las temperaturas oscilan entre 12°C y 18°C y las precipitaciones promedio anual son inferiores a los 1.000 milímetros; según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

Los tipos de relieve donde se sitúan los suelos corresponden principalmente a crestas homoclinales abruptas y crestones homoclinales de topografía moderada a fuertemente escarpada, con pendientes mayores del 50%; su origen lo constituyen rocas sedimentarias del tipo shales, limolitas, areniscas y lutitas, con inclusiones de rocas metamórficas y capas de ceniza volcánica. Se presentan deslizamientos y desprendimientos de roca por sectores.

En el DRMI se encuentra la fase MMEf, fase topográfica moderadamente escarpada<sup>26</sup>, localizada en los municipios de Úmbita y Turmequé, sobre un área de 1.108,73 ha equivalentes al 9,58% del territorio del Distrito.

<sup>24</sup> CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Ambiental Para Dichas Áreas. Bogotá D. C.

<sup>25</sup> IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

<sup>26</sup> CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Ambiental Para Dichas Áreas. Bogotá D. C.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	





\* **Asociación *Typic Hapludands – Humic Pachic Dystrudepts – Typic Dystrudepts*. (MHV).**

La unidad está integrada por suelos *Typic Hapludands* 50%, *Humic Pachic Dystrudepts* 20% y *Typic Dystrudepts* 20% e inclusiones de suelos *Aeric Humaquepts* 10%<sup>27</sup>.

Estos suelos, generalmente se encuentran entre los 2.950 y 3.050 metros, dentro de un clima muy frío húmedo (páramo bajo), caracterizado por tener una temperatura media anual de 10°C y una precipitación promedio anual de 800 mm; según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque húmedo Montano (bh-M).

Estos suelos se han originado principalmente de ceniza volcánica que recubren rocas sedimentarias. Se localizan en tipos de relieve de Vigas, Lomas y Glacis; presentan una topografía desde fuertemente inclinada a fuertemente escarpada y pendientes desde 12 a 75%. Esta asociación se encuentra afectada por procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos y desprendimiento de roca, los cuales son evidentes en las zonas desprovistas de vegetación. El bosque se conserva en algunos sectores y en su mayoría ha sido reemplazada

Las frecuentes heladas, el alto contenido de aluminio y la baja fertilidad, permiten ubicar estos suelos por su capacidad de uso en clase VII para las tierras con pendiente mayor del 50%; en la clase VI las tierras de pendiente 25 a 50% y en la clase IV las tierras de pendiente menor del 25% por cultivos de papa, cebada y pastos.

En el DRMI se encuentra la fase MHVd que es moderadamente quebrada<sup>28</sup>, ubicada en el municipio de Turmequé en una pequeña porción de la vereda Joyagua, sobre un área de 80,52 ha equivalentes al 0,70% del territorio del Distrito.

\* **Complejo *Lithic Udorthents – Typic Dystrudepts – Afloramientos rocosos*. (MLE)**

La unidad está constituida por *Lithic Udorthents* 40%, *Typic Dystrudepts* 30%, Afloramientos Rocosos 20% e inclusiones de *Typic Dystrudepts*, *Humic Pachic Dystrudepts* y *Vertic Haplustalfs* 10%<sup>29</sup>.

El Complejo MLE se localiza en alturas que oscilan entre los 2.400 y 3.200 msnm. El clima ambiental dominante es el frío húmedo, transición a seco con una temperatura media de 16°C y precipitación que va de 900 a 1.400 milímetros promedio anual, lo cual, según

<sup>27</sup> IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

<sup>28</sup> CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Ambiental Para Dichas Áreas. Bogotá D. C

<sup>29</sup> IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



Holdridge, corresponde a la zona de vida denominada bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB).

Los suelos se ubican en relieves de crestas y crestones homoclinales, conformados por areniscas e intercalaciones de calizas y lutitas y, en pequeños sectores, hay presencia de ceniza volcánica. La topografía es moderada a fuertemente escarpada, con pendientes superiores al 50%. Se manifiestan movimientos en masa como deslizamientos, desprendimientos de roca y reptación.

En el área del DRMI se encuentran las fases MLEf y MLEg, localizada en los municipios de Umbita, La Capilla y Pachavita, sobre un área de 4.075,09 ha equivalentes al 35,21% del territorio del Distrito.

#### 4.1.7.2 Uso potencial de los suelos del DRMI.

En la valoración potencial de los suelos del DRMI, se toma el criterio de la clasificación agrológica, aun cuando de por si estos deben ser potencialmente de protección dada las condiciones ecosistémicas en que se encuentran. Por tal motivo pueden en ocasiones aparecer los suelos con alguna potencialidad para actividades restringidas de uso agrícola o pecuario<sup>30</sup>.

La clasificación agrológica de las unidades presentes en el DRMI y sus correspondientes grupos de manejo<sup>31</sup> se presentan en la Tabla 4.28 y espacializan en la Figura 4.49. El tipo de manejo recomendado se muestra en la Figura 4.50

Tabla 4. 28. Clasificación Agrológica en el DRMI.

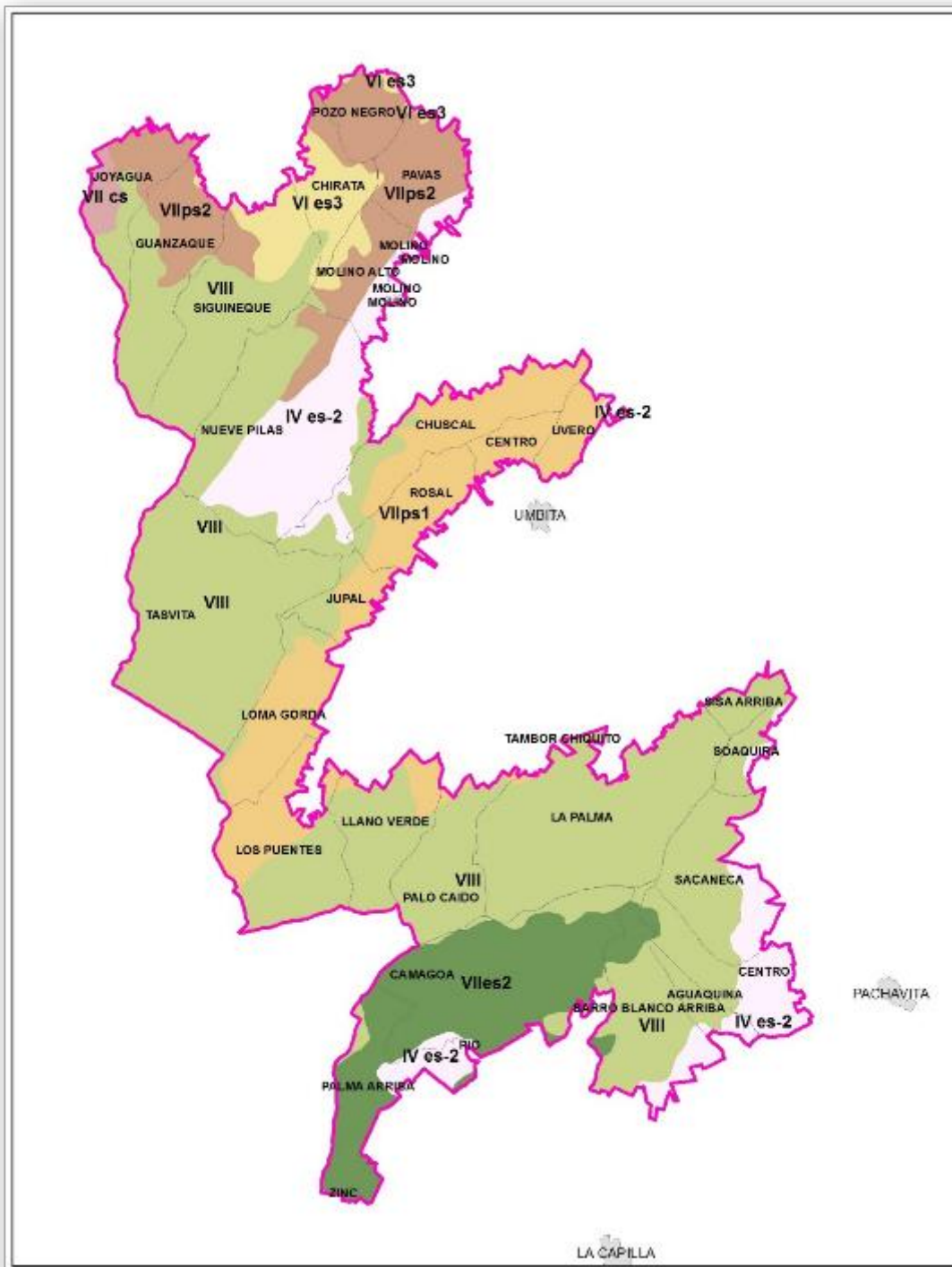
Clase Agrológica	Grupo de Manejo	Unidades
IV	IV es-2	MLVd1
		MLVe1
VI	VI es3	MMXe1
VII	VIIes2	MLVf1
	VIIps1	MLEf
VII	VIIps2	MMEf1
	VII cs	MHVd
VIII	VIII	MHEf
		MHEg
		MLEg

<sup>30</sup> CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Ambiental Para Dichas Áreas. Bogotá D. C.

<sup>31</sup> Ibíd.

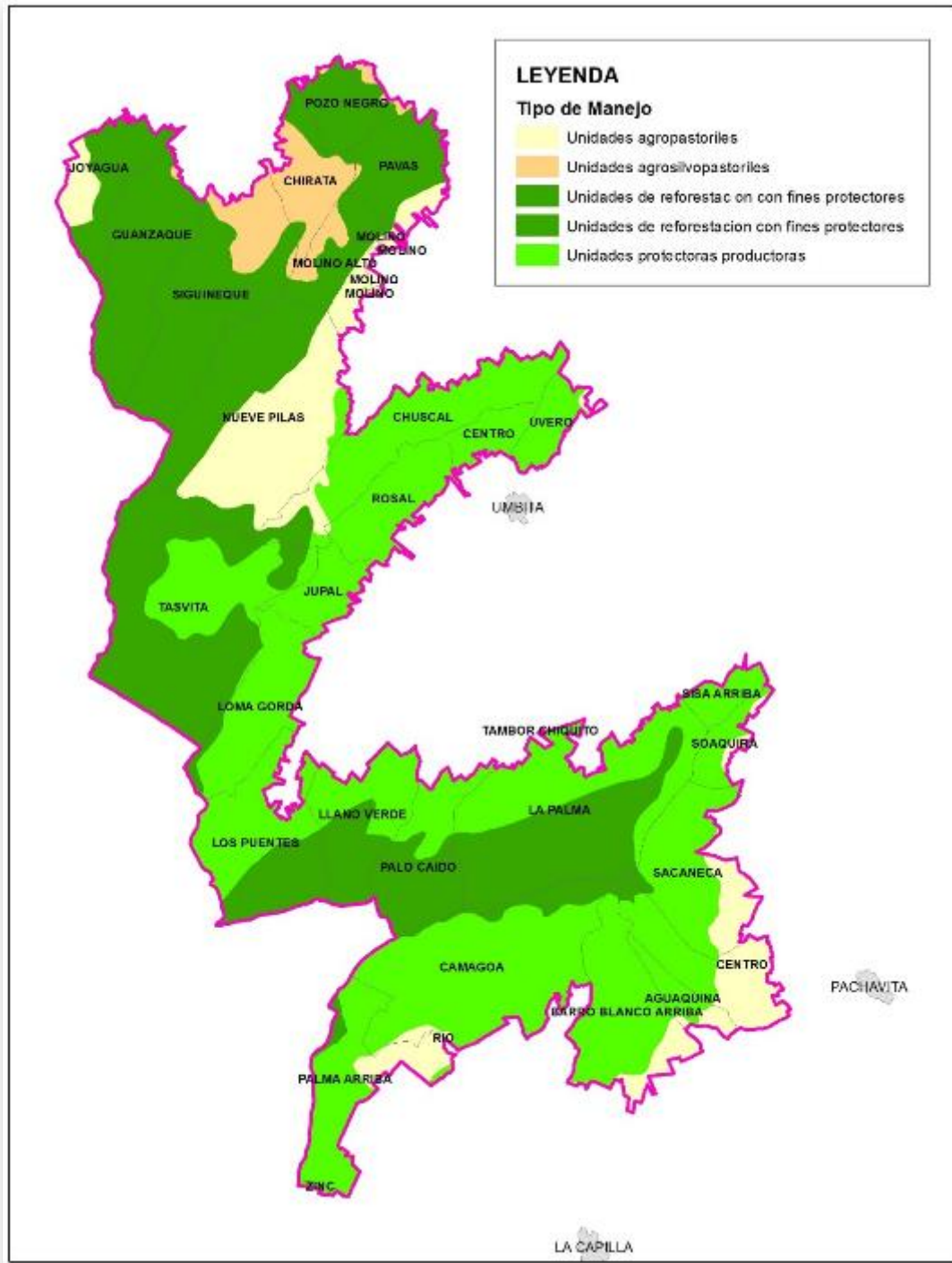


Figura 4. 49. Clasificación agrológica del DRMI.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Figura 4. 50. Tipo de manejo recomendado para el DRMI.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	
			Página:	4-123



#### ♦ Suelos clase IV

Suelos con grados mayores de erosión así: ligera hasta el 40%, moderada hasta el 20% y severa hasta el 10% de su área; profundidad efectiva muy superior a muy profunda, encharcamientos ocasionales en dos ciclos por año, hasta por 60 días acumulados, retención de agua excesivamente alta, muy alta, mediana a baja; permeabilidad muy lenta, moderada, moderadamente rápida y muy rápida<sup>32</sup>. Nivel de fertilidad bajo o alto. Se encuentran ubicados en zonas de relieve inclinado con pendientes entre el 7-12-25% a una altura aproximada de 1.500 –1.900 msnm.

Por sus limitaciones, la elección de cultivos transitorios y perennes es muy restringida. Requieren prácticas de manejo y conservación más rigurosas.

En el DRMI, se encuentra al noroccidente en el municipio de Úmbita, al sur en el municipio de La Capilla y al sur occidente en el municipio de Pachavita, bajo la denominación IVes-2, que lo caracteriza como suelos de montaña, de clima frío húmedo, con pendientes de 7–12%, con topografía moderadamente inclinada, ligeramente quebrada y moderadamente ondulada, con un grado de erosión ligero. Esta clase agrológica ocupa una extensión de 1.269,72 ha correspondientes al 10,97% del DRMI.

#### \* *Grupo de manejo IV es-2*

Se presenta en la fase MLVd1 y MLVe1. Su mayor aptitud es la agricultura con prácticas de manejo adecuadas; también se pueden aprovechar con pastos, bosques o vida silvestre. Limitados por su susceptibilidad a la erosión, profundidad efectiva deficiente, pendiente moderada y contenidos de aluminio en niveles tóxicos para muchas plantas. El tipo de manejo recomendado es el agropastoril.

#### ♦ Suelos clase VI

Corresponden a relieves escarpados a fuertemente quebrados con pendientes entre 25-50%. Pueden estar afectados por erosión ligera hasta el 60%, moderada hasta el 30% y severa hasta el 20%. La profundidad puede ser muy superficial a profunda, y pedregosidad excesiva a nula. Son suelos con potencialidad especial para pastoreo con buen manejo de potreros, o cultivos permanentes y bosques. Se pueden encontrar sectores en donde es posible explotarlos con cultivos limpios de subsistencia. Por sus limitaciones, las medidas de conservación y manejo deben ser especiales y muy cuidadosas.

En el DRMI se encuentra en sectores de los municipios de Turmequé y Úmbita, bajo la denominación de VIes3, siendo de montaña, de clima medio muy húmedo, con pendientes del 25 al 50% con una topografía ligeramente empinada, fuertemente quebrada y

<sup>32</sup> IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	





ligeramente escarpada. Esta clase agrológica ocupa una extensión de 430,48 ha correspondientes al 3,72% del DRMI.

\* **Grupo de manejo VI es-3**

A éste grupo de manejo pertenece la fase MMXe1 ubicado en el páramo de Castillejo, que tienen limitaciones severas que generalmente los hacen no aptos para cultivos, limitando su uso a pastos, bosques plantados (comerciales), vida silvestre o bosques o combinaciones de éstos. Deficiencias en las lluvias, pedregosidad, erosión ligera a moderada, baja fertilidad alto contenido de aluminio y heladas ocasionales. Se pueden tener frutales en curva de nivel o en terrazas individuales, formando fajas limitadas por canales de sedimentación para contrarrestar la velocidad del agua. La papa debe sembrarse en curvas de nivel. El tipo de manejo recomendado es el agrosilvopastoril.

◆ **Suelos clase VII**

Suelos similares a los de la clase VI, o de relieve escarpado. Las pendientes son mayores al 50%. El área puede estar afectada por erosión ligera hasta el 100%, moderada hasta el 70%, severa hasta el 50% y muy severa hasta el 30%. Son muy superficiales a moderadamente profundos. Pedregosidad nula a excesiva. Drenaje natural excesivo; encharcamientos hasta de 120 días al año. Retención de humedad desde excesiva a muy baja. Permeabilidad lenta a rápida y fertilidad baja a alta. Se encuentran ubicados en zonas de relieve quebrado a muy quebrado con pendientes de 25, 50 y más del 50%<sup>33</sup>.

Por sus limitaciones tan graves, su uso se limita principalmente a vegetación forestal y en áreas menos abruptas a pastoreo con cuidados especiales. Requieren manejo extremadamente cuidadoso, especialmente lo relacionado con la conservación de las cuencas hidrográficas.

En el DRMI se encuentran distribuidos en los cuatro municipios, asociados a las unidades VIIcs, VIIes-2, VIIps-1 y VIIps-2. Esta clase agrológica ocupa una extensión de 3.990,74 ha correspondientes al 34,48% del DRMI.

\* **Grupo de manejo VII cs**

Sus limitaciones son severas por lo cual no son adecuadas para cultivos limpios y densos; restringen su uso a ganadería extensiva, a bosques o vida silvestre. Para el uso agrícola y pecuario deben encalar y fertilizar los suelos utilizando roca fosfórica o escorias Thomas para adicionar fósforo, dados los altos contenidos de aluminio en los suelos. Las limitaciones más importantes son las pendientes, heladas, pedregosidad superficial sectorizada y niveles muy altos de aluminio. A este grupo pertenece la fase MHVd en el páramo de Castillejo. El tipo de manejo recomendado es el agropastoril.

<sup>33</sup> Ibíd.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



\* **Grupo de manejo VII es-2**

Se encuentra en la fase MLVf1 y se limitan para bosques o vida silvestre, se usan en ocasiones en ganadería, que no permite buena capacidad de carga. Presentan procesos erosivos y altos niveles de aluminio.

Sus limitaciones son severas por lo cual no son adecuadas para cultivos limpios y densos; restringen su uso a ganadería extensiva, a bosques o vida silvestre. Se puede tener ganadería con baja capacidad de carga para evitar el sobrepastoreo y controlar procesos erosivos. Se puede tener ganadería con baja capacidad de carga para evitar el sobrepastoreo y controlar procesos erosivos. Se puede tener un bosque protector productor haciendo aprovechamiento selectivo. El tipo de manejo recomendado es protector - productor.

Como limitantes se tienen las altas pendientes, susceptibilidad a la erosión, heladas, suelos muy superficiales con altos niveles de aluminio.

\* **Grupo de manejo VII ps-1**

Presente en la fase MLEf; suelos con limitaciones severas que lo limitan a explotaciones ganaderas confinadas controladas, bosque o vida silvestre. Lo limitan las pendientes fuertes, susceptibilidad a la erosión.

El principal potencial de uso es el bosque productor protector y la ganadería controlada, utilizando bajas cargas y rotación de potreros. Se recomienda que el aprovechamiento del bosque no se haga por tala rasa sino por el método selectivo de entresacas para proteger las vertientes y nacimientos de agua. El tipo de manejo recomendado es protector - productor.

\* **Grupo de manejo VII ps-2**

En Castillejo este grupo de manejo se manifiesta con la unidad taxonómica MMEf, cuyas limitaciones son severas por lo cual no son adecuadas para cultivos limpios y densos; restringen su uso a ganadería extensiva, a bosques o vida silvestre.

Se recomienda utilizar estos suelos para bosques productores protectores; producción en sistema silvo-pastoriles o ganadería extensiva con baja carga y buena rotación de potreros. El tipo de manejo recomendado es reforestación con fines protectores.

◆ **Suelos Clase VIII**

Son los suelos con las más severas limitaciones. Corresponden generalmente a zonas muy escarpadas y excesiva pedregosidad y rocosidad; muy superficiales; si se encuentran

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



planos son improductivos por alguna de estas razones: rocosos, inundables o arenales<sup>34</sup>. Su uso se restringe a la protección de la vegetación natural existente, con miras a la conservación de cuencas hidrográficas y de la vida silvestre.

Esta clase agrológica se distribuye en los cuatro municipios asociados al DRMI, ocupando una extensión de 5.882,51 ha correspondientes al 50,83% del DRMI.

En algunas zonas se pueden presentar afloramientos rocosos, o la presencia de roca superficial. Predominan las pendientes del 50% y mayores, con erosión desde moderada hasta severa. Se encuentran en las fases MHEf, MHEg y MLEg en Castillejo, las últimas dos se repiten en Los Cristales<sup>35</sup>.

El mejor uso para estas áreas es permitir que crezca la vegetación nativa, conservar el bosque existente para protección de las cuencas, de la fauna y de la flora y promover el turismo ecológico.

Aunque en los grupos de manejo se reporta el uso para ganadería, este uso se ve restringido por las condiciones naturales de páramo en el DRMI y su uso debe restringirse para los demás usos determinados como protección de la vida silvestre y bosques protectores. El tipo de manejo recomendado es reforestación con fines protectores.

De acuerdo con estos criterios se tienen los siguientes grupos de manejo para los suelos del DRMI que se presentan con mayor detalle en la tabla de clasificación agrológica, los cuales muestran el tipo de manejo recomendado que se muestra en la Figura 4.43.

#### 4.1.7.3 Análisis químico de los suelos del DRMI

Para establecer y evaluar las características estructurales y químicas del suelo y su relación con los procesos ecológicos que sustentan servicios ecosistémicos propios del páramo, se realizaron 10 tomas de muestras de suelos de tal forma que permitiera tener una representación de las diferentes unidades taxonómicas que integran el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI). En la Tabla 4.29 se presentan las coordenadas de los puntos de toma de las muestras y en la Figura 4.51 el mapa de ubicación de los mismos.

Los resultados de los análisis de suelos de las muestras se presentan en el Anexo 9 y se resumen en la Tabla 4.30.

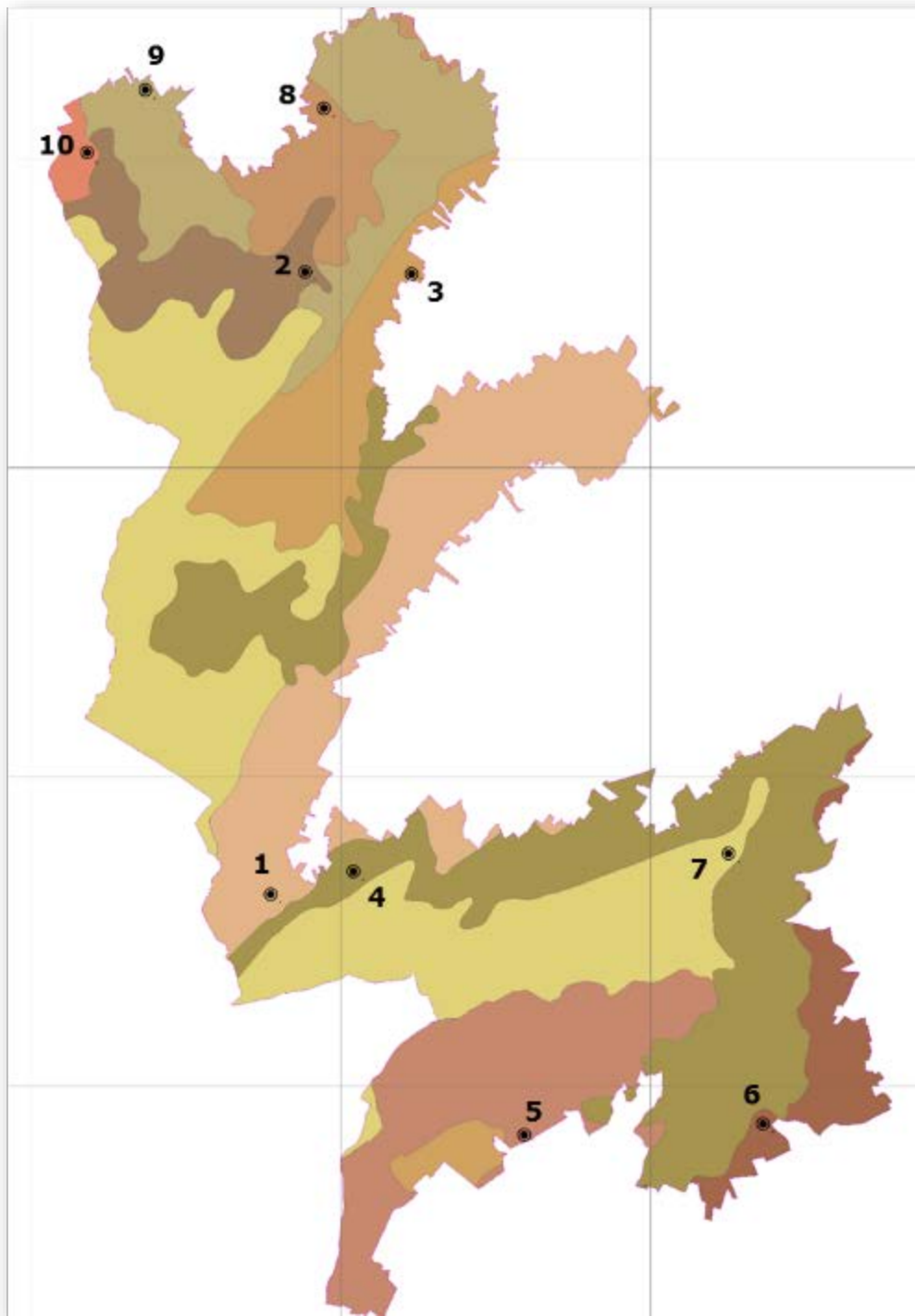
Con base en la información de la Tabla 4.30, a continuación se entrega la descripción de los resultados.

<sup>34</sup> Ibíd.

<sup>35</sup> Ibíd.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Figura 4. 51. Localización de los puntos de muestreo de los suelos.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-128

**Tabla 4. 29. Coordenadas de las muestras de suelos.**

No. Muestra	Símbolo	Coordenadas		Altura (msnm)	Profundidad de muestra
		Norte	Este		
1	MLEf	1.063.097,0	1.063.861,0	3.057	Profundidad efectiva mayor a 80 cm
2	MHEf	1.073.161,3	1.064.416,1	2.871	Profundidad efectiva mayor a 70 cm
3	MLVd1	1.073.129,8	1.066.137,5	2.903	Profundidad efectiva menor a 70 cm
4	MLEg	1.063.468,0	1.065.200,0	2.792	Profundidad efectiva mayor a 100 cm
5	MLVf1a	1.059.208,0	1.067.963,0	2.509	Profundidad efectiva mayor a 80 cm
6	MLVe1a	1.059.382,9	1.071.817,5	2.594	Profundidad efectiva mayor a 80 cm
7	MHEg	1.063.753,9	1.071.261,7	2.241	Profundidad efectiva mayor a 60 cm
8	MMXe1	1.075.806,3	1.064.721,7	2.869	Profundidad efectiva mayor a 70 cm
9	MMEf	1.076.102,4	1.061.835,2	2.775	Profundidad efectiva mayor a 60 cm
10	MHVd	1.075.090,3	1.060.894,9	3.055	Profundidad efectiva mayor a 70 cm





**ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE**



**Tabla 4. 30. Resumen de los resultados del análisis de suelos.**

Muestra		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Granulometría	Arena %	32,3	Materia orgánica	30,9	25,9	22,1	43,4	26,5	37,9	40,2	17,2
	Limo %	49,9		20,5	34,4	31,2	22,7	22,6	29,7	24,3	30,4
	Arcilla %	17,8		48,6	39,7	46,7	33,9	50,9	32,4	35,5	52,4
Clase textural		F		Ar	FAr	Ar	FAr	Ar	FAr	FAr	Ar
Gravilla %				18,4			12,8				
Relación		(1:1)	(1:2)	(1:1)	(1:1)	(1:1)	(1:1)	(1:1)	(1:1)	(1:1)	(1:1)
pH		4,9	5,0	5,1	4,4	4,0	4,5	4,7	5,0	4,9	5,2
A.I. (cmol(+)/Kg)		2,2	2,0	3,0	8,4	11,2	5,0	5,1	2,1	2,1	1,2
S.A.I. %		65,9	23,0	50,3	75,9	90,4	88,0	84,9	51,3	40,1	10,5
Materia orgánica	C.O. %	3,7	20,10	0,70	8,10	3,70	2,40	1,60	4,20	1,60	3,20
Complejo de cambio (cmol(+)/Kg)	CIC	19,8	68,40	13,50	43,20	27,80	16,50	18,30	33,50	16,10	20,90
	Ca	0,46	4,30	1,80	1,20	0,47	0,31	0,37	1,20	1,90	5,70
	Mg	0,44	1,50	0,54	0,18	0,19	0,17	0,19	0,35	0,68	2,70
	K	0,12	0,72	0,27	0,59	0,23	0,16	0,26	0,31	0,44	1,70
	Na	0,12	0,19	0,35	0,69	0,30	0,04	0,09	0,13	0,12	0,13
	B.T.	1,1	6,70	3,00	2,70	1,20	0,68	0,91	2,00	3,10	10,20
S.B. %		5,8	9,80	21,90	6,20	4,30	4,10	5,00	5,90	19,50	48,90
Elementos menores (mg/Kg)	Mn	2,7	7,50	5,80	3,00	1,70	10,80	3,30	3,20	3,40	6,30
	Fe	83,1	130,00	32,90	124,00	278,00	291,00	93,80	230,00	255,00	75,50
	Zn	0,66	0,48	0,12	0,20	0,32	0,88	0,46	1,10	1,10	1,40
	Cu	0,12	0,08	0,20	0,10	0,04	0,12	0,22	3,20	0,66	3,30
	B	0,16	1,10	0,13	0,69	0,22	0,19	0,24	0,15	0,31	0,35
mg/Kg	S	7,4	N.D.	1,4	14,0	12,8	9,6	6,1	1,2	9,7	4,7
Fosforo	Disponible	24,5	19,5	272,0	38,9		8,1	2,6	3,9	142,0	10,7

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-130



**ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE**



**Clase textural**

F Franco  
Ar Arcilla  
FAr Francoarcillosa

**A.I. (cmol+)/Kg** Acidez intercambiable

**S.A.I. %** Porcentaje de saturación de acidez intercambiable

**Materia orgánica**

C.O. % Carbón orgánico

**Complejo de cambio (cmol+)/Kg**

CIC Capacidad de intercambio catiónico  
Ca Calcio  
Mg Magnesio  
K Potasio  
Na Sodio  
B.T. Bases intercambiables

**S.B. % Porcentaje de saturación de bases**

**Elementos menores**

Mn Manganeseo  
Fe Hierro  
Zn Zinc  
Cu Cobre  
B Boro  
S Azufre

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-131

#### ♦ Análisis de muestra No. 1

El análisis químico de suelos realizado a la muestra número 1 relacionada con la unidad de suelo MLE y fase MLEf presentes en los municipios de Úmbita y Pachavita (Tabla 4.30), muestra para este tipo de suelo una textura franca, pH de 4,9 lo cual lo hace muy fuertemente ácido, porcentaje de saturación de acidez intercambiable S.A.I. de 65,9 % el cual hace que este tipo de suelos tenga unos niveles que pueden catalogarse como tóxicos para la mayoría de cultivos, un porcentaje de carbón orgánica CO de 3,7% dado que la muestra es tomada en un clima frío este valor se ubica en un rango medio-bajo, dentro del complejo de cambio la capacidad de intercambio catiónico tiene un valor medio igual a 18.9  $\text{cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$ , una buena relación Ca/mg y una relación deficiente en Mg/K, Ca/K, Ca+Mg/K. una saturación de bases SB muy baja con un valor de 5,8% en cuanto a la proporción de elementos menores, encontramos valores extremadamente bajo en Manganese Mn, valores muy bajos en: Cinc Zn, Cobre Cu, y muy alto en Hierro Fe 83,1, tiene una disponibilidad de fósforo media. En la Foto 4.30 se ve el momento de toma.

Foto 4. 30. Toma de muestra No. 1.



#### ♦ Análisis de muestra No. 2

Corresponde a la unidad de suelo MHE y fase MHEf. Según el análisis químico del suelo esta muestra no se puede determinar la textura dado que posee una gran cantidad de MO (Tabla 4.30). Tiene un Ph de 5,0 es decir, un suelo (muy fuertemente ácido), porcentaje de S.A.I. de 23,0% haciendo para este suelo un limitante para cultivos moderadamente tolerantes, un porcentaje de CO de 20,1% dado que la muestra es tomada en un clima frío, este valor se ubica en un rango alto, es importante anotar que este valor elevado se debe a que la muestra cómo se mencionó al inicio tiene una gran cantidad de MO, presenta una CIC de 68,4  $\text{cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$  apreciando para este un valor muy alto, además tiene una relación

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

de elementos Mg/K, Ca/K, Ca+Mg/K. muy cercanos a lo ideal. En cuanto a los elementos menores que componen este suelo, se obtuvo un valor elevado en cuanto a la presencia de Fe, y una deficiencia en Zn, Cu y Mn. Presenta una disponibilidad de fósforo media. Es conveniente mencionar que en suelos orgánicos es común encontrar características como: Alto contenido de carbono orgánico, alta CIC, alta capacidad de retención de humedad, baja densidad aparente, alta acidez y baja fertilidad. En la Foto 4.31 se ve la apariencia del suelo.

**Foto 4. 31. Suelo de la muestra 2, suelo orgánico.**



#### ♦ Análisis de muestra No. 3

Corresponde a la unidad de suelo MLV fase MLVd1 presente en el municipio de Úmbita y La Capilla. De acuerdo al análisis químico del suelo (Tabla 4.30), este presenta una textura arcillosa con presencia de grava cercana al 20%, un Ph de 5,1 es decir un suelo fuertemente ácido, un S.A.I. de 50,3 % el cual confiere una limitación para cultivos tolerantes, un CO de 0,7% dado al mayor porcentaje granulométrico de arcilla en el suelo. Presenta una CIC media con un valor de 13,5  $\text{cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$  en cuanto a la relación de los elementos Mg/K, Ca/K, Ca+Mg/K. están muy cercanos a lo ideal, el contenido de los elementos menores que componen este suelo, presentan un valor elevado en cuanto a la presencia de hierro Fe, y una deficiencia en Zn, Cu y Mn, además presenta una disponibilidad media de fósforo. En la Foto 4.32 panorámica del sitio de muestreo.

#### ♦ Análisis de muestra No. 4

Corresponde a la unidad de suelo MLE fase MLEg presente en los municipios de Úmbita, Pachavita y La Capilla. De acuerdo al análisis químico del suelo este presenta una textura franco arcillosa un Ph de 4,4 es decir un suelo extremadamente ácido, un porcentaje de

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

saturación de acidez intercambiable S.A.I. de 75,9 % el cual confiere una limitación para la mayoría de los cultivos dado sus niveles de toxicidad, un porcentaje de carbón orgánico CO alto de 8,1%. Presenta una CIC alta con un valor de 43,2 cmol(+)Kg<sup>-1</sup> en cuanto a la relación de los macroelementos Ca/Mg, Mg/K, Ca/K, Ca+Mg/K. presenta una buena relación en el primero y una fuerte deficiencia en los demás, el contenido de los elementos menores que componen este suelo, se caracterizan por tener un valor muy elevado en cuanto a la presencia de hierro Fe, y una deficiencia en Zn, Cu y Mn, además presenta una disponibilidad media-alta de fósforo (Tabla 4.30 y Foto 4.33).

**Foto 4. 32. Panorámica de los sitios de toma de muestra.**



**Foto 4. 33. Disposición de la muestra de suelo No. 5.**



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-134



#### ♦ Análisis de muestra No. 5

Esta muestra corresponde a la unidad de suelo MLV fase MLVf1 presente en los municipios de Úmbita y La Capilla. De acuerdo al análisis químico del suelo este presenta una textura arcillosa con un Ph de 4,0 es decir un suelo extremadamente ácido, un porcentaje de S.A.I. de 90,4 % el cual confiere una limitación para la mayoría de los cultivos dado sus niveles de toxicidad, un porcentaje de CO medio de 3,7%. Presenta una CIC alta con un valor de 27,8 cmol(+)Kg<sup>-1</sup> en cuanto a la relación a los macroelementos se observa una relación óptima en Ca/Mg y una gran deficiencia en cuanto a las relaciones Mg/K, Ca/K, Ca+Mg/K, el contenido de los elementos menores que componen este suelo, se caracterizan por tener un valor muy elevado en cuanto a la presencia de hierro Fe, esto debido a la textura arcillosa del suelo que facilita su acumulación, y una deficiencia en Zn, Cu y Mn (Tabla 4.30 y Foto 4.34).

Foto 4. 34. Toma de muestra unidad de suelo fase MLVf1 (No. 6).



#### ♦ Análisis de muestra No. 6

La muestra de suelo No. 6 corresponde a la unidad de suelo MLV fase MLVe1 presente los municipios de La Capilla y Pachavita. De acuerdo al análisis químico del suelo (Tabla 4.30) este presenta una textura franco arcillosa un Ph de 4,5 es decir un suelo muy fuertemente ácido, un porcentaje de S.A.I. de 88,0% el cual confiere una limitación para la mayoría de los cultivos dado sus niveles de toxicidad, un porcentaje de CO bajo de 2.4%. Presenta una CIC media con un valor de 16,5 cmol(+)Kg<sup>-1</sup> en cuanto a la relación de los macroelementos se observa una fuerte deficiencia en todas las relaciones Ca/Mg, Mg/K, Ca/K, Ca+Mg/K, el contenido de los elementos menores que componen este suelo, mostro una deficiencia en Zn, Cu, B y Mn y un valor muy elevado en cuanto a la presencia de hierro Fe, se encontró una disponibilidad baja de fosforo igual a 8,1 mg/Kg. En la Foto 4.35 el momento de la toma de la muestra.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Foto 4. 35. Toma de muestra No. 6.



♦ **Análisis de muestra No. 7**

La muestra de suelo número 7 (Tabla 4.30) corresponde a la unidad de suelo MHE fase MHEg presente los municipios de La Capilla y Pachavita. De acuerdo al análisis químico del suelo este presenta una textura arcillosa con un Ph de 4,7 es decir un suelo muy fuertemente ácido, un porcentaje de S.A.I. de 84,9 % el cual confiere una limitación para la mayoría de los cultivos dado sus niveles de toxicidad, un porcentaje de CO bajo de 1,6%. Presenta una CIC media con un valor de 18,3 cmol(+)Kg<sup>-1</sup> en cuanto a los macroelementos se observa unas cantidades deficientes en todas las relaciones Ca/Mg, Mg/K, Ca/K, Ca+Mg/K, el contenido de los elementos menores que componen este suelo, mostro una deficiencia en Zn, Cu, B y Mn y un valor alto en cuanto a la presencia de hierro Fe, se encontró una disponibilidad baja de fosforo igual a P 2,6 mg/Kg. En la Foto 4.36 se presenta una panorámica del sitio de muestreo.

♦ **Análisis de muestra No. 8**

Corresponde a la unidad de suelo MMX fase MMXe1 presente en Turmequé y Úmbita. De acuerdo al análisis químico del suelo este presenta una textura arcillosa con Ph de 5,2 es decir un suelo fuertemente ácido, un porcentaje de S.A.I. de 10,5 % el cual no posee problema para cultivos en general, un porcentaje de CO medio de 3,2%. Presenta una CIC media-alta con un valor de 20,8 cmol(+)Kg<sup>-1</sup> en cuanto a la relación de los macroelementos se observa una relación óptima en cuanto Ca/Mg y deficiente para las relaciones Ca/K, Mg/K, Ca+Mg/K, el contenido de los elementos menores que componen este suelo, mostraron una deficiencia en Zn y Mn, un valor medio de B, óptimo de Cu y elevado en cuanto a la presencia de hierro Fe, también determino una disponibilidad baja de fosforo igual a 10,7 mg/Kg. En la Foto 4.37 se observa el momento de la toma de la muestra y en la Foto 4.38 el marcado de la muestra (Tabla 4.30).

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-136

**Foto 4. 36. Panorámica del área de toma de muestra No. 7.**



**Foto 4. 37. Toma de la muestra No. 8.**



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-137

**Foto 4. 38. Marcado de las muestras de suelos.**



♦ **Análisis de muestra No. 9**

Corresponde a la unidad de suelo MME fase MMEf1 presente en Turmequé y Úmbita. De acuerdo al análisis químico del suelo este presenta una textura franco arcillosa un Ph de 4,9 es decir un suelo muy fuertemente ácido, un porcentaje de S.A.I. de 40,1 % el cual confiere una limitación para cultivos tolerantes, un porcentaje de CO bajo de 1,6%. Presenta una CIC media con un valor de 16,1 cmol(+)Kg<sup>-1</sup> en cuanto a la relación de los macronutrientes se observa una relación óptima en cuanto Ca/Mg, aceptable para Ca/K así como una deficiencia en las relaciones, Mg/K, Ca+Mg/K, el contenido de los elementos menores que componen este suelo, mostro una deficiencia en Zn, Cu y Mn, un valor medio de B y muy elevado en cuanto a la presencia de hierro Fe, también determino una disponibilidad muy alta de fósforo igual a 142.0 mg/Kg. En la Tabla 4.30 se entrega el análisis de resultados y en la Foto 4.39 se ve la disposición de la muestra de suelo en las bolsas.

♦ **Análisis de muestra No. 10**

Corresponde a la unidad de suelo MHV fase MHVd presente en el páramo Castillejo en el municipio de Turmequé. De acuerdo al análisis químico del suelo este presenta una textura franco arcillosa con un Ph de 4,5 es decir un suelo muy fuertemente ácido, un porcentaje de S.A.I. de 51,3 % el cual confiere una limitación para la mayoría de los cultivos dado sus niveles de toxicidad, un porcentaje de CO bajo de 4,2 %. Presenta una CIC medio con un valor de 33,5 cmol(+)Kg<sup>-1</sup> en cuanto a los macronutrientes se observa una relación óptima de Ca/Mg y deficiente en las demás relaciones Mg/K, Ca/K, Ca+Mg/K, el contenido de los elementos menores que componen este suelo, determino un valor muy alto de hierro, medio de Mn y una deficiencia en Zn, Cu, y B, se encontró una disponibilidad baja de fósforo igual

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



a P 3,9 mg/Kg. El análisis de la muestra número 10 se presenta en la Tabla 4.30 y en la Foto 4.40 el momento de la toma y disposición de la muestra.

**Foto 4. 39. Disposición de la muestra No. 9.**



**Foto 4. 40. Toma de muestra No. 10.**



#### **4.1.7.4 Conclusiones**

Una vez realizado el análisis de suelos de las muestras tomadas en las diferentes unidades taxonómicas presentes en el área de DRMI, se concluye que:

Los suelos producto del estudio presentan tres texturas, Franco, Franco arcilloso y arcilloso con predominio de suelos arcillosos. Son suelos extremadamente ácidos con una

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-139





capacidad de intercambio catiónico media a alta, poseen una saturación de acidez intercambiable que va de rangos medios a muy altos que limitan el uso del suelo para cultivos dado la toxicidad por acidez, contienen un porcentaje bajo a medio de carbono orgánico, son suelos con una relación deficiente de sus macroelementos así como una deficiencia de sus elementos menores, estos suelos presenta una concentración muy elevada de hierro el cual está relacionado con el Ph del suelo, de este modo la solubilidad o concentración aumenta 1000 veces por cada unidad que disminuye el Ph<sup>36</sup>, adicionalmente los suelos con mayor proporción de arcilla en su conformación granulométrica favorecen la concentración de hierro razones por las cuales estos suelos mantienen estas condiciones y características químicas.

Estos suelos presentan una fertilidad baja no solo por las deficiencias de las relaciones de sus macroelementos y deficiencias en sus elementos menores, también debido a niveles bajos de Ph y de temperatura que entorpecen la actividad biológica bacteriana.

Al realizar una revisión estadística del porcentaje de cada uno de los tipos de suelos presentes en el DRMI, encontramos que el 36.17% pertenecen suelos *Lithic Udorthents - Oxic Dystrudepts* – Afloramientos Rocosos. (MHE) y Unidades Agrologicas VII y VIII. Los cuales se encuentran en alturas superiores 3.000 msnm el 30,19% pertenece a suelos *Lithic Udorthents – Typic Dystrudepts* – Afloramientos rocosos. (MLE). El cual se presenta en alturas superiores a 2500 msnm. Estos dos complejos que representan el 66,36% del total de los suelos del área de estudio, los cuales tienen origen volcánicos y que se caracterizan por ser los suelos orgánicos lo cual concuerda con los resultados del análisis químico de estas unidades, dado que los suelos orgánicos tienen alto contenido de carbono orgánico, alta CIC, alta capacidad de retención de humedad, baja densidad aparente, alta acidez y baja fertilidad<sup>37</sup>.

Teniendo en cuenta lo anterior, estos suelos según Buol *et al.* (1997), pueden ser utilizados en actividades agrícolas, principalmente hortícolas, en explotaciones ganaderas de leche, con pastos mejorados o nativos, en plantaciones forestales comerciales o de protección, siempre que se hagan las adecuaciones de manejo necesarias para llevarlas a cabo; también son importantes, ecológicamente, como santuarios para la protección de vida silvestre o como áreas aptas para la recreación<sup>38</sup>.

#### 4.1.8 Cobertura de la tierra

En el diagnóstico de los componentes de coberturas de la tierra, de uso del suelo y de conflictos de uso para la “Actualización y Socialización del Plan de Manejo Ambiental para el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque”, se desarrolló a partir de la fotointerpretación de sensores remotos, a partir

<sup>36</sup> LINDSAY W.L., 1982. The chemistry of iron in soils and its availability to plants.

<sup>37</sup> DANIEL F. JARAMILLO J. UNIVERSIDAD NACIONAL. 2002 Introducción a la ciencia del suelo, cap. 18 pág. 459-468.

<sup>38</sup> BUOL S. W.; F. D. HOLE; R. J. McCRAKEN. and R. J. SOUTHARD. 1997. Soil Genesis and Classification. 4ª. Ed. Iowa State University Press. Iowa U. S. A. 527 p.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

de la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000. Año 2010<sup>39</sup>. Adicionalmente se realizó una evaluación multitemporal del comportamiento de las coberturas en el DRMI a partir de las imágenes Landsat7 756-2008/01/02, Landsat 856 2007/02/23 y Spot 647 339 29/11/05, con el apoyo de las Spot 647 339 29/11/05 y Spot 647 340 27/11/07. A partir de los análisis de esta información se determinó el potencial uso así como el conflicto existente, mediante los parámetros establecidos en la metodología mencionada.

En la Tabla 4.36 se muestran las coberturas de la tierra presentes en el DRMI con sus respectivas áreas de ocupación (Figura 4.52 y Mapa 12 del Anexo cartográfico).

**Tabla 4. 31. Coberturas de la tierra en el DRMI.**

Leyenda	Área (ha)	% de DRMI
Arbustal denso	1.055,19	9,12
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	901,63	7,79
Bosque Fragmentado	190,03	1,64
Bosque Fragmentado con Pastos y Cultivos	423,13	3,66
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	855,44	7,39
Herbazal Denso de Tierra Firme	1.228,24	10,61
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	1.213,78	10,49
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	48,50	0,42
Mosaico de Pastos y Cultivos	4.862,29	42,01
Papa	25,13	0,22
Pastos Enmalezados	38,48	0,33
Pastos Limpios	255,40	2,21
Vegetación Secundaria o en Transición	476,22	4,11
<b>Total general</b>	<b>11.573,45</b>	<b>100,00</b>

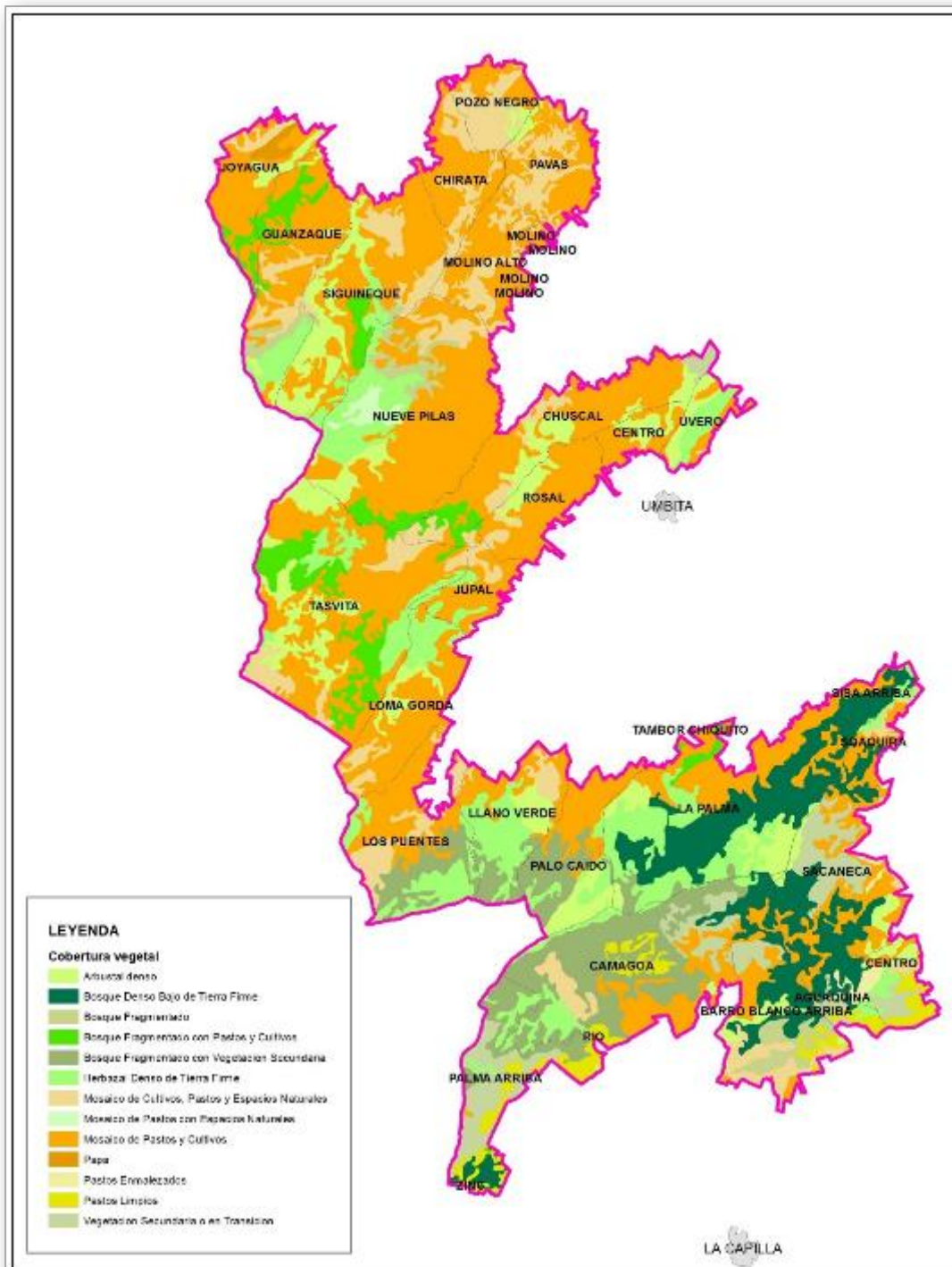
La cobertura con mayor área de ocupación en el DRMI corresponde al mosaico de pastos y cultivos, con 4.862,29 ha, lo cual demuestra el impacto de la actividad antrópica en la zona y evidencia la presión de las actividades humanas sobre los ecosistemas; mientras que el bosque denso bajo de tierra firme ocupa el 7,79% del área total del DRMI.

A continuación se hace la descripción de las coberturas encontradas en el DRMI y las imágenes de interpretación general aplicadas. Se aprecia la presión en las coberturas naturales, debido a las actividades antrópicas desarrolladas en el Distrito Regional. Para la definición y presentación de las coberturas de la tierra, se toma la leyenda establecida y adaptada para Colombia CORINE Land Cover<sup>40</sup>.

<sup>39</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá, D. C., 72p.

<sup>40</sup> IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p

Figura 4. 52. Cobertura de la tierra en el DRMI.



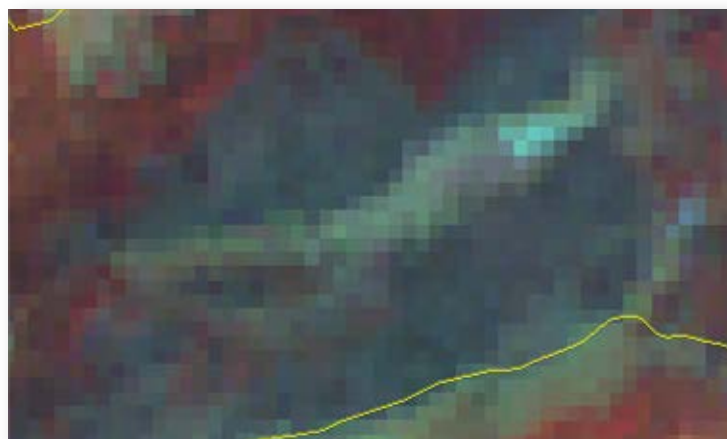
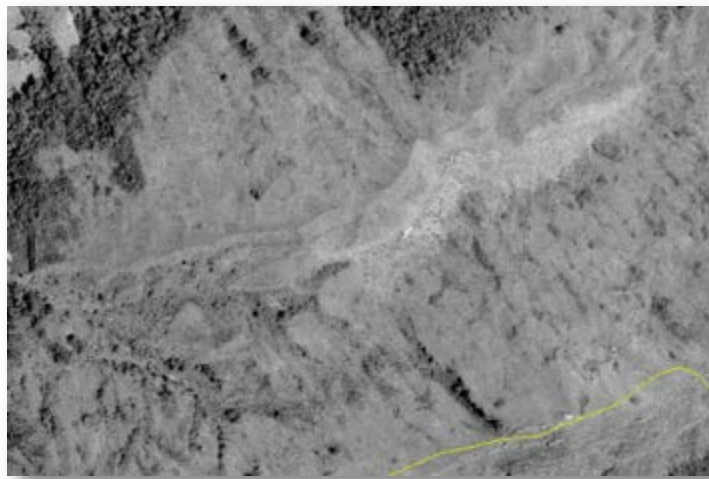
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

#### 4.1.8.1 Unidades de cobertura de la tierra

\* **Herbazal denso**

Dominado por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales (IGAC, 1999). Esta cobertura presentaba un gris medio con una textura de grano fino y apoyada en las imágenes Landsat se observaba verde claro en combinación 453, diferenciable de los pastos. En zonas de Cristales se reportó a 2.900 msnm junto a las zonas de pastos y cultivos (Foto 4.41).

Foto 4. 41. Herbazal denso.



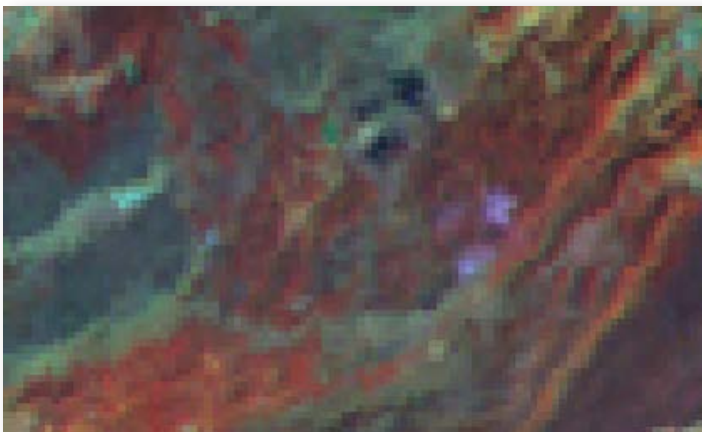
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



\* **Arbustal denso**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (IGAC, 1999). Esta cobertura presentaba un color gris oscuro con textura más granulosa donde se diferenciaban las copas de los arbustos, en la figura Landsat y Rapid eye se observaba de color vino tinto. En zonas de Cristales se reportó a 2.900 msnm junto a las zonas de pastos y cultivos (Foto 4.42).

**Foto 4. 42. Arbustal denso.**



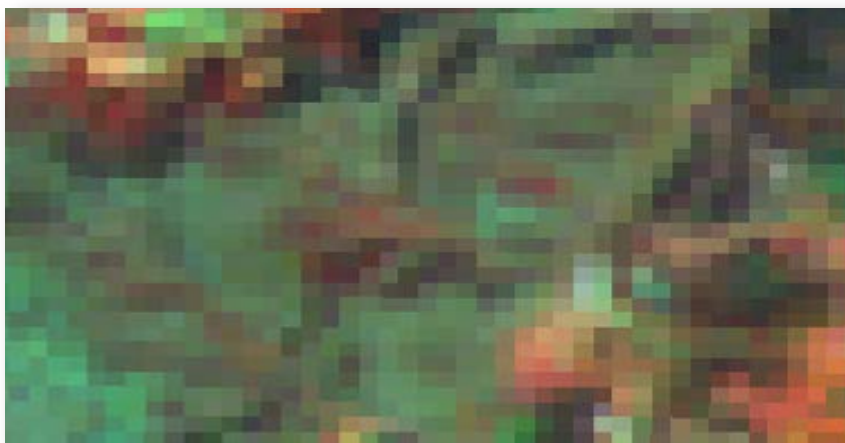
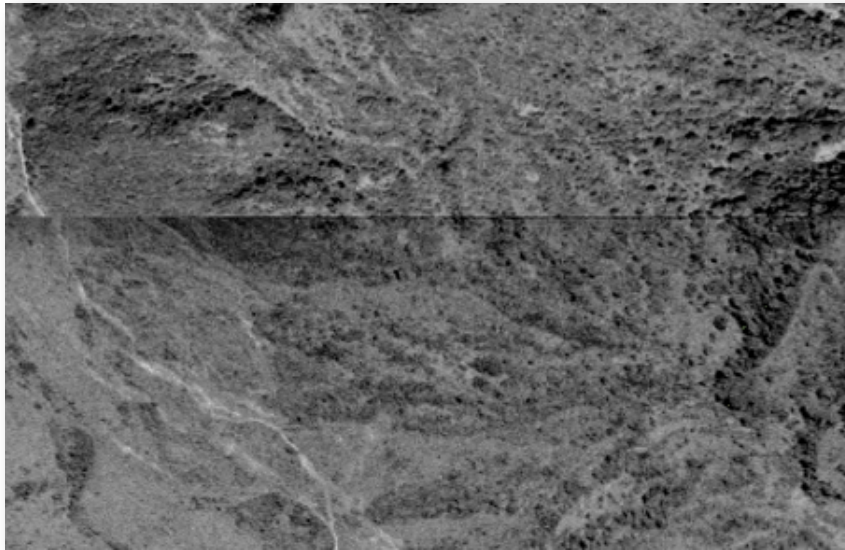
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-144



\* **Arbustal abierto**

Dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo y cuya cubierta representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales, se presenta como remanentes hacia los bordes del páramo en transición con pastos y cultivos en Guachaneque. En las imágenes Landsat y Rapid eye se observan como zonas de arbustales discontinuos y con colores entre vino tinto y verde. En áreas del DRMI se encontró a 3.200 msnm (Foto 4.43).

**Foto 4. 43. Arbustal abierto.**



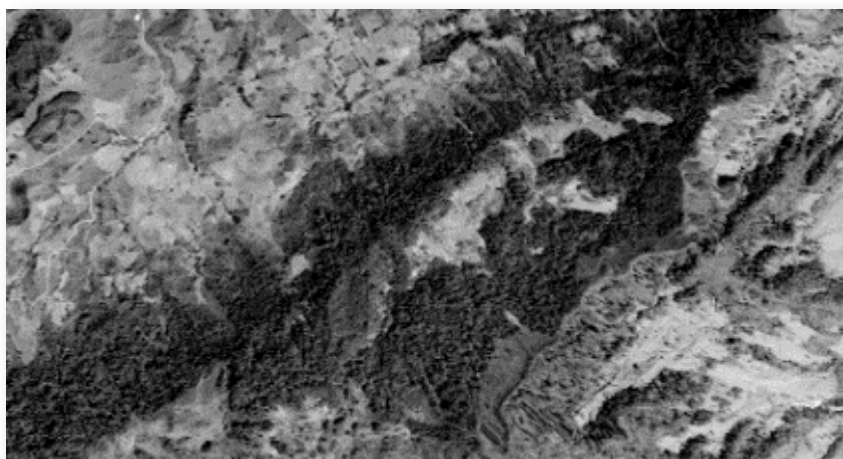
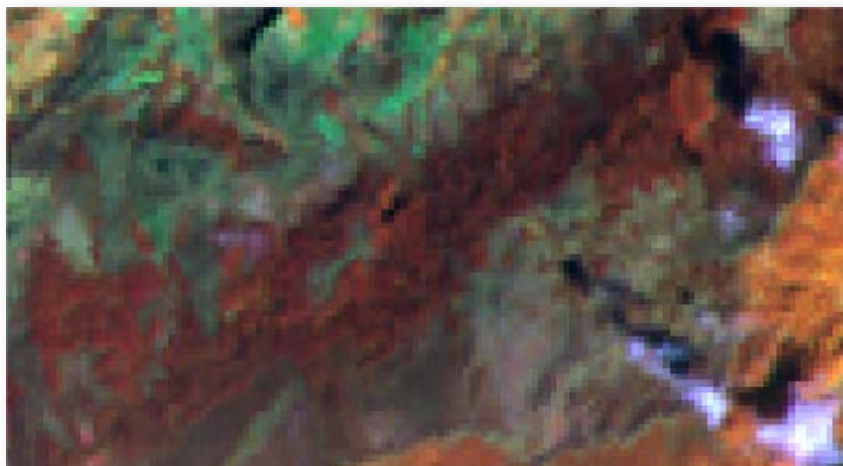
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-145

\* **Bosque denso bajo**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a cinco metros, pero inferior a 15 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).

Se encontró entre los 3.000 – 3.200 msnm, se observan en la figura Landsat de color vinotinto, parecida a la de Bosque denso, pero con alturas vegetales menores y se ubicó en Cristales según lo propone CORINE Land Cover (Foto 4.44).

**Foto 4. 44. Bosque denso bajo.**



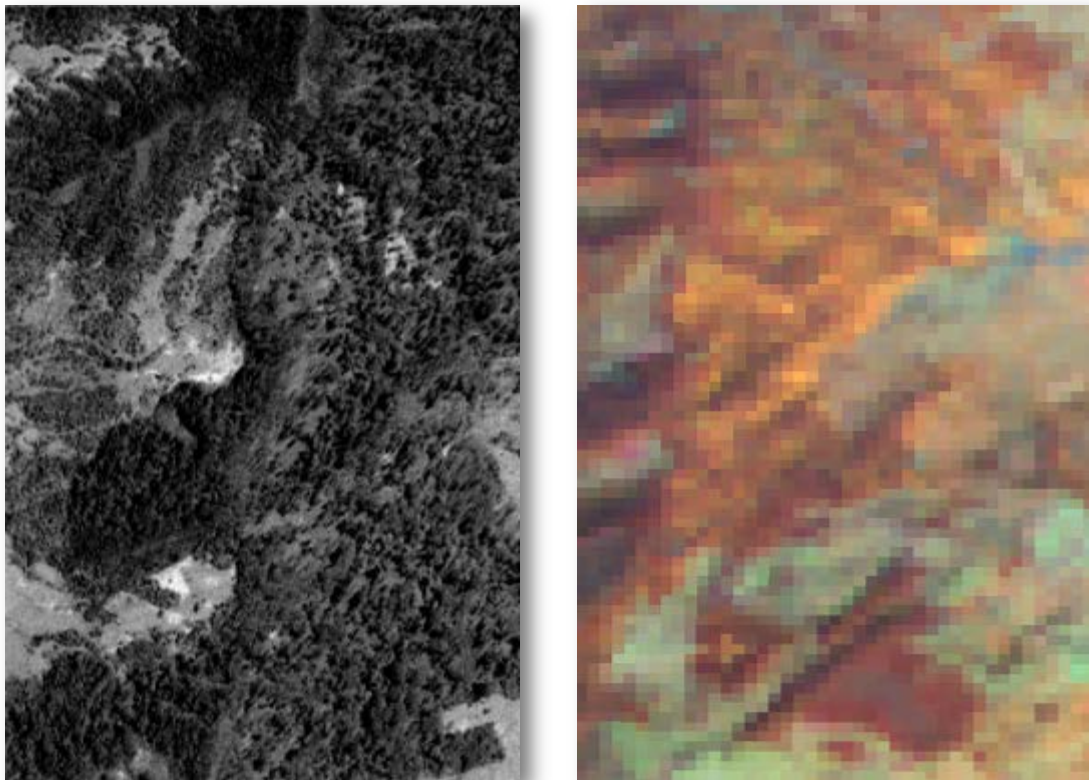
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-146

\* **Bosque fragmentado con vegetación secundaria**

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se presentó intervención humana y recuperación del bosque, de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de vegetación secundaria, las cuales se observan como parches de variadas formas que se distribuyen de forma irregular en la matriz de bosque.

Su origen es debido al abandono de áreas de pastos y cultivos, donde ocurre un proceso de regeneración natural del bosque en los primeros estados de sucesión vegetal. Los parches de intervención deben representar entre 5% y 50% del área total de la unidad. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros. En el DRMI se encontró entre los 2.600-2.800 msnm (Foto 4.45).

**Foto 4. 45. Bosque fragmentado con vegetación secundaria.**



\* **Vegetación en transición**

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación

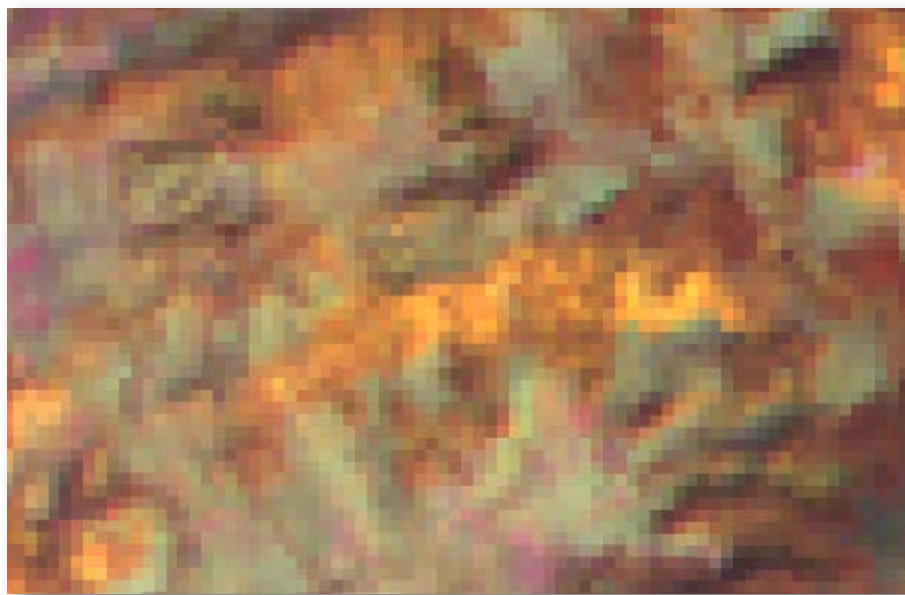
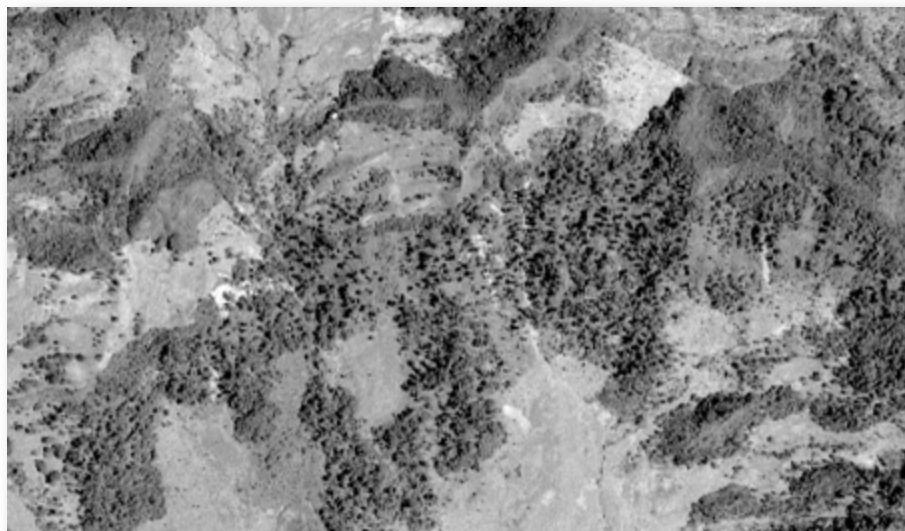
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	





primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. Se aprecia entre los 2.600 – 2.800 msnm, usualmente ubicada en bordes de bosques fragmentados (Foto 4.46).

**Foto 4. 46. Vegetación en transición.**



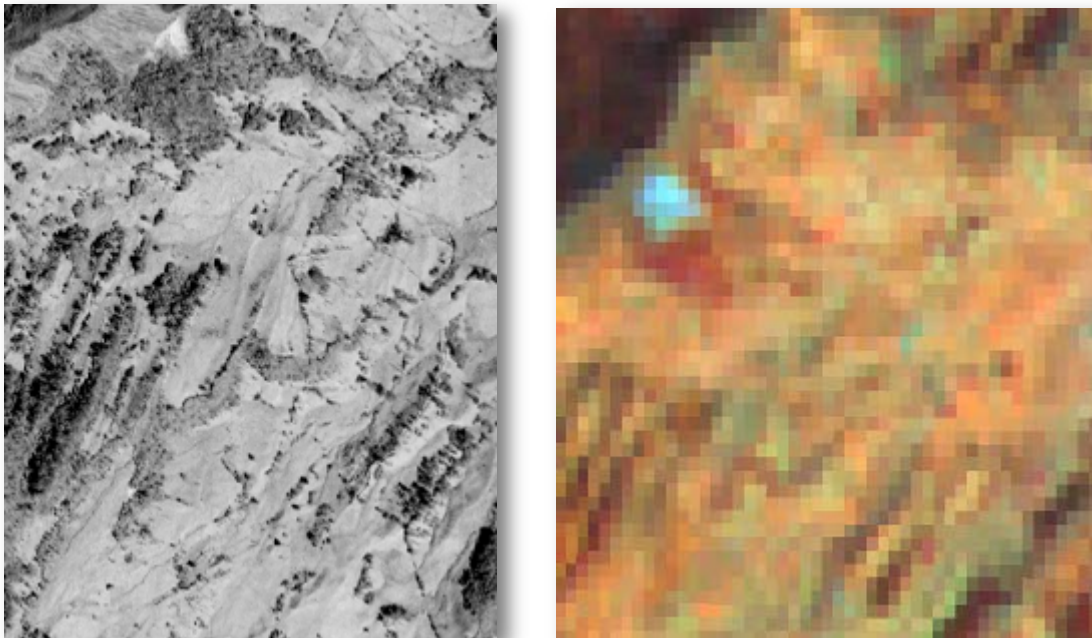
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-148

Algunos límites externos se tomaron por altura cuando la cobertura era intervenida, usualmente para los mosaicos de pastos y cultivos.

\* **Mosaico de pastos cultivados y espacios naturales**

Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad (Foto 4.47).

**Foto 4. 47. Mosaico de pastos cultivados y espacios naturales.**



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

\* **Mosaico de pastos y cultivos**

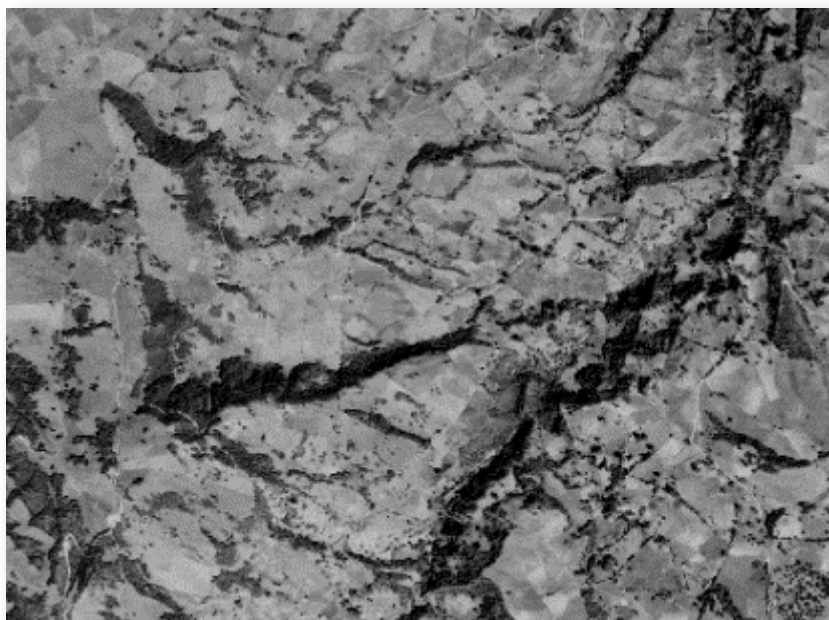
Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. Presenta en la figura arreglos geométricos característicos que facilitan su interpretación; así como también una amplia gama de tonos y colores debido a sus diferentes estados

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-149



vegetativos y las variadas prácticas de manejo. Al norte de Guachaneque se encuentran hacia los 3000-3200 msnm y al interior del páramo de Cristales (Foto 4.48).

**Foto 4. 48. Mosaico de pastos y cultivos.**

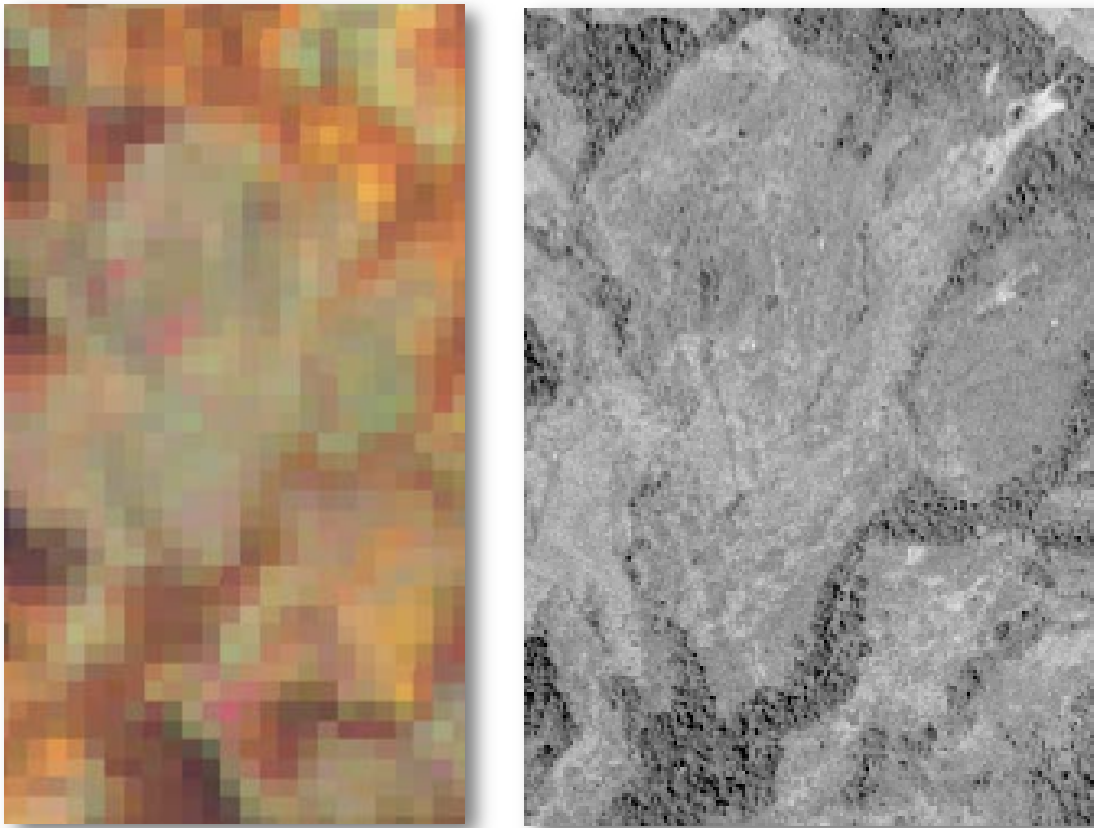


Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-150

\* **Pastos limpios**

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas (Foto 4.49).

**Foto 4. 49. Pastos limpios.**



**4.1.9 Análisis multitemporal**

En Colombia, a pesar de la notable importancia del ecosistema de páramo, se vienen registrando altos índices de ocupación desde hace décadas, lo que ha conllevado a radicales transformaciones ecosistémicas, originadas en procesos productivos como la agricultura, la ganadería y en algunos casos la minería. Estas variaciones han estado acompañadas por el aumento en la contaminación y la invasión biológica, al tiempo que ha venido aumentando la vulnerabilidad debido al cambio climático, que a su vez ha ocasionado alteraciones en los límites naturales de estos ecosistemas, la pérdida de

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-151



hábitats y especies, y la disminución en la capacidad de prestar servicios ambientales, lo que genera dificultades en el desarrollo de actividades de manejo y conservación<sup>41</sup>.

El ecosistema de los páramos Cristales y Castillejo comprendido desde la franja de bosque altoandino, está siendo fuertemente intervenido por actividades humanas y se está reemplazando paulatinamente por sistemas agropecuarios a diferentes escalas. El aumento de los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), el establecimiento de plantaciones de especies exóticas como pino y eucalipto (*Pinus spp*) y el pastoreo extensivo de ganado ovino, bovino y caprino, se encuentran entre los principales usos dados a la tierra en el área.

En términos generales los disturbios afectan la estructura de ecosistemas, comunidades y poblaciones, cambiando los niveles de recursos y el ambiente físico. El disturbio por pastoreo de ganado afecta principalmente la composición de especies y la estructura de las comunidades a través de la alteración del balance competitivo. Por otro lado, el pisoteo afecta y elimina plántulas y especies erectas de bajo porte. A mediano y largo plazo ocurren cambios en las comunidades de plantas y animales, perturbaciones en el suelo y en los procesos hídricos, lo cual tiene consecuencias sobre la disponibilidad de recursos y hábitats para la biota nativa (Landsberg *et al.*, 1999).

En cuanto a los disturbios ocasionados por el cultivo de papa, donde se involucra la roza de la vegetación natural, el arado con bueyes o tractor y las labores de siembra y cuidado del cultivo que usan agroquímicos intensivamente, se ven afectados principalmente los suelos, acelerando procesos de erosión o generando las condiciones para movimientos en masa, destruyendo la capacidad de retención de agua y acabando con toda la dinámica ecosistémica del área.

Se evidencia que las actividades productivas son establecidas en su mayoría en la franja del subpáramo o páramo bajo, en el área de transición entre la vegetación de bosque alto andino y la vegetación arbustiva y de matorral, ya que es en este lugar donde confluyen las condiciones propicias para el establecimiento de cultivos y ganadería, debido a las pendientes moderadas, su fácil acceso y las características de los suelos. Este límite inferior del páramo se caracteriza por su dinámica constante, donde se encuentran coberturas de páramo intervenidas por la acción del hombre y sus actividades de sustento.

#### 4.1.9.1 Análisis multitemporal del uso del suelo

Se realizó un análisis de las coberturas presentes según la cartografía oficial de cobertura y uso de la tierra del país – CORINE LANDCOVER- CLC, para los años 2001 y 2007, que es la que se ha desarrollado hasta el momento. Se empleó esta cartografía ya que la

<sup>41</sup> Rivera, D. y Rodríguez, C. 2011. Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia. 2011. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 68 pág.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



**ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE**



metodología para el levantamiento de esta información consiste en la digitalización de imágenes satelitales y el uso de cartografía de apoyo, junto con comprobación de campo, lo que implica mayor fidelidad en el tipo de mapa que genera. Posteriormente, para la fecha 2007 se realiza un ajuste de los polígonos generados en el 2001, visualizando las áreas de cambio y modificando los límites de forma manual. Este tipo de metodología facilita realizar comparaciones en el tiempo de forma mucho más confiable y verás, partiendo de un insumo comparable en términos metodológicos y de leyenda con los que hasta el momento no contaba el País.

Con base en lo anterior, se tomaron dichos mapas para conocer las tasas de cambio para el DRMI empleando métricas del paisaje del tipo composicional y de configuración de las coberturas. Para ello se empleó la extensión Patch Analyst diseñada para tales fines, en donde se calculó la extensión, porcentaje y número de parches, para conocer el estado del cambio de las coberturas.

El cambio de coberturas en el área de estudio se dio de diferente forma sin mostrar un patrón definido, en algunos casos se dio paso a sistemas productivos o en otros las coberturas naturales presentaron deterioro o recuperación (Figura 4.53).

Como se aprecia en la Figura 4.54 para el año 2002, se reportaron 9 tipos de coberturas, cuatro de ellas de tipo antrópico correspondientes a áreas de territorios agrícolas y cinco a bosques y áreas seminaturales según CLC, las cuales ocuparon un 54% y 46% respectivamente. En el caso del 2007, se sumaron a estas cinco nuevas coberturas, para un total de 14, pero perdiendo una con relación al año anterior correspondiente al bosque bajo denso de tierra firme. En este año no se presentó un elevado cambio en comparación al anterior, ocupando un 56% de áreas intervenidas y 44% de bosques y áreas seminaturales (Tabla 4.37).

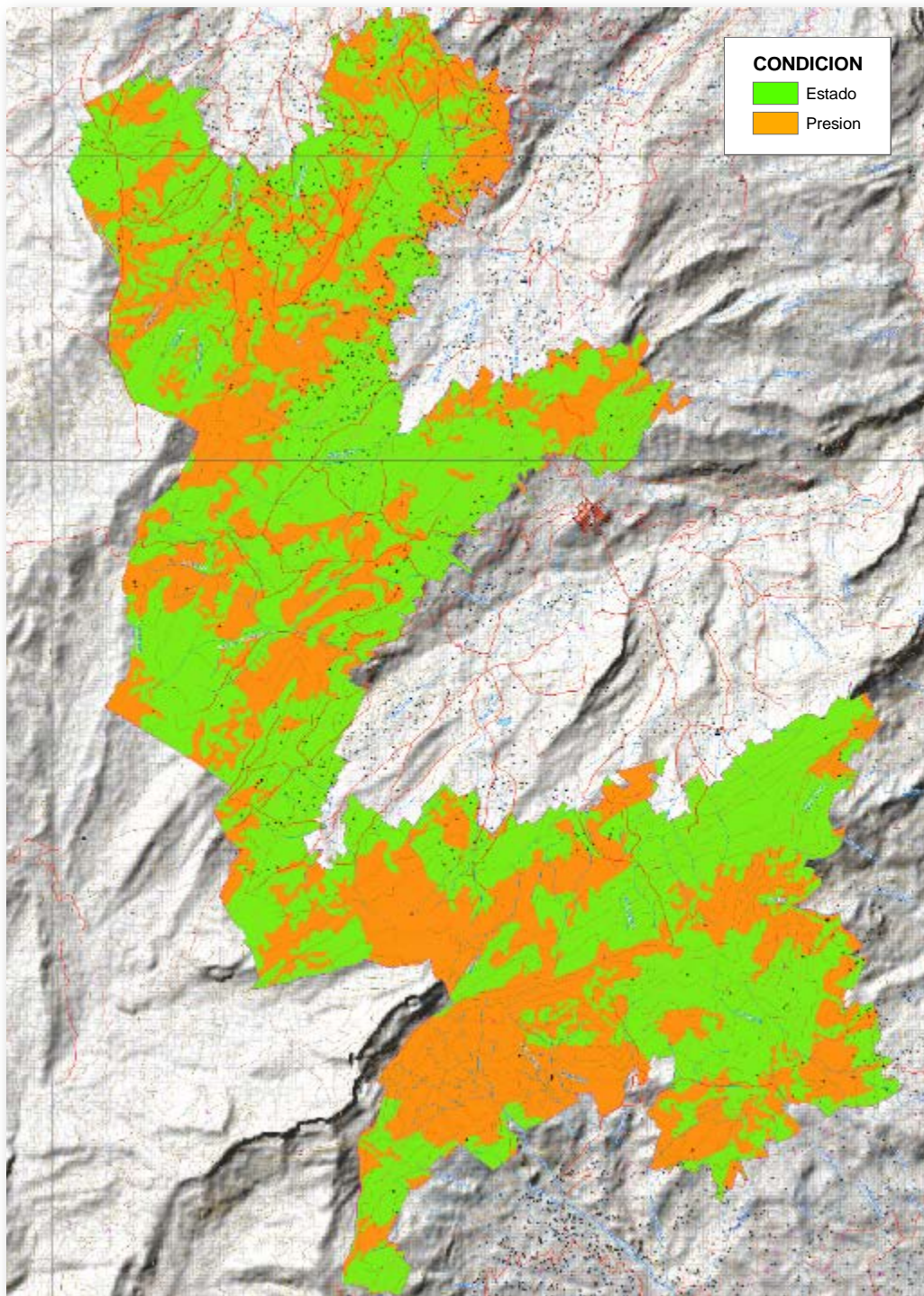
Como se aprecia en la Tabla 4.37, la cobertura que más domina el territorio es la de mosaicos de pastos y cultivos con más del 40%; en el 2002 seguían en dominancia el Bosque denso bajo de tierra firme (20%) y el Arbustal denso (17%). Para el 2007 como se nombró, desaparece el Bosque denso alto de tierra firme dando paso a bosques fragmentados con pastos y cultivos, evidenciando su intervención, y disminuye la cobertura de arbustales densos, para aumentar el Herbazal denso de tierra firme y el Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Figura 4.54).

Para los dos años, se presentaron cambios en la extensión de las coberturas, perdiendo en algunos casos coberturas de tipo boscoso (Figura 4.55). Si bien este cambio no ha sido significativamente evidente en el total del área, si se puede apreciar con más detalle según sus estadísticas. La mayor tasa de cambio ocurrió para las coberturas más conservadas como en el caso del Bosque denso bajo de tierra firme y los arbustales densos, en especial esta última que incluye a los matorrales de páramo (Tabla 4.37). Por otro lado aumentó el Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y el Herbazal denso de tierra firme, el cual también incluye a los páramos.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



Figura 4. 53. Análisis multitemporal del uso del suelo del DRMI.



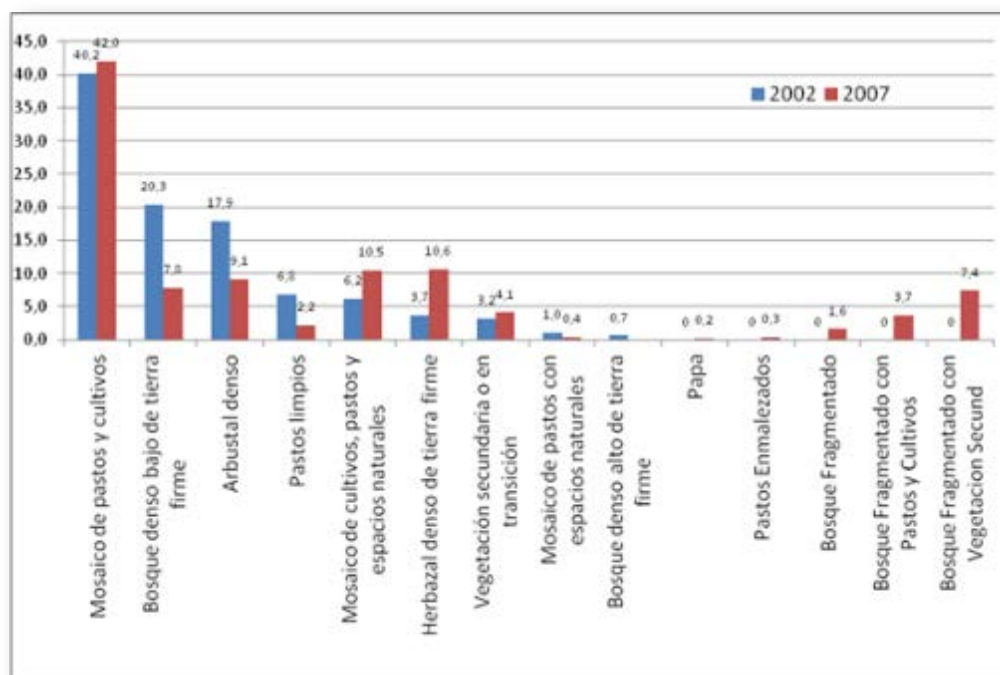
Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-154



Tabla 4. 32. Coberturas presentes según CLC para los años 2002 y 2007 en extensión (ha) y su cambio en porcentaje.

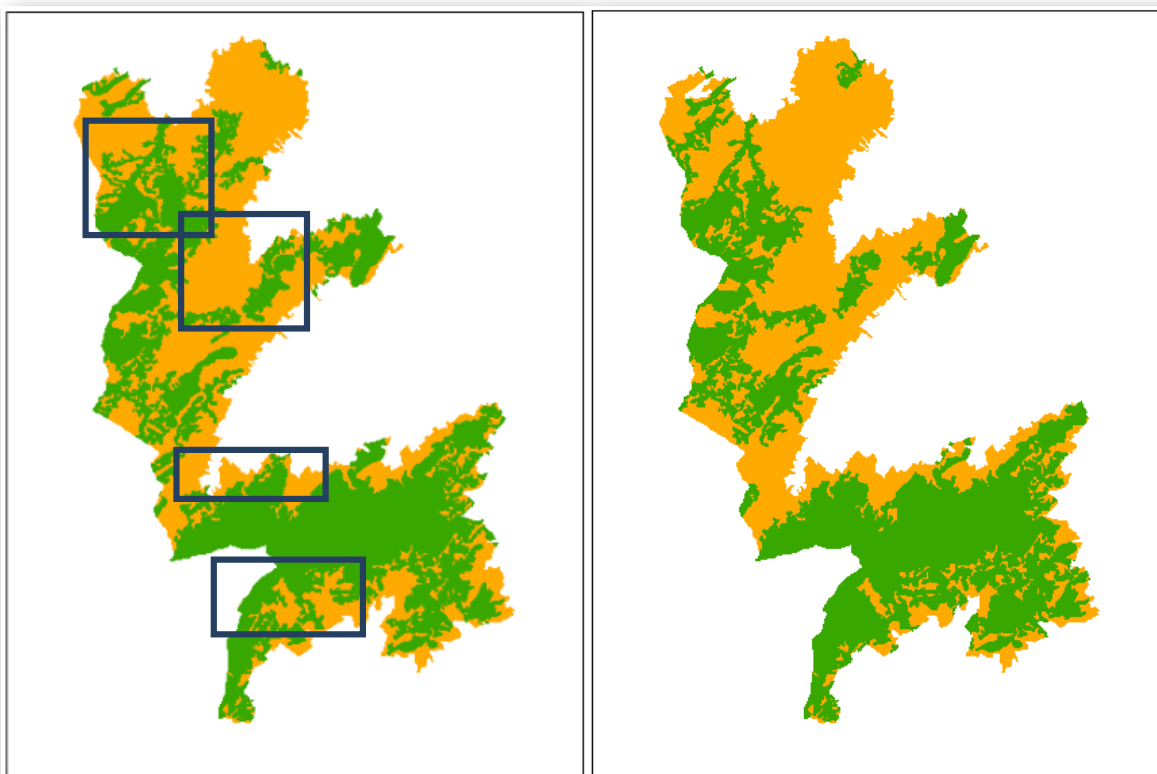
Cobertura	2002	2007	Cambio %
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	720,10	1.213,78	4,27
Mosaico de pastos y cultivos	4.649,98	4.862,29	1,83
Mosaico de pastos con espacios naturales	118,43	48,50	-0,60
Pastos limpios	784,58	255,40	-4,57
Arbustal denso	2.073,75	1.055,19	-8,80
Herbazal denso de tierra firme	423,26	1.228,24	6,96
Bosque denso bajo de tierra firme	2.353,94	901,63	-12,55
Bosque denso alto de tierra firme	76,31	-	-0,66
Vegetación secundaria o en transición	373,11	476,22	0,89
Papa	-	25,13	
Pastos Enmalezados	-	38,48	
Bosque Fragmentado	-	190,03	
Bosque Fragmentado con Pastos y Cultivos	-	423,13	
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	-	855,44	
<b>TOTAL</b>	<b>11.573,45</b>	<b>11.573,45</b>	

Figura 4. 54. Porcentaje de cobertura ocupada para los años 2002 y 2007 en el DRMI.



En la Figura 4.55 se aprecian los territorios agrícolas (en naranja) y bosques y áreas Seminaturales (en verde), se aprecian las áreas de herbazales aumentaron para el 2007, proviniendo por un lado de coberturas de arbustales densos y algunas zonas de mosaicos. En este caso las imágenes satelitales permiten evidenciar cambios en la respuesta espectral de las coberturas, pero es importante considerar que se pueden presentar cambios en la composición de las especies y que no necesariamente indican que la cobertura se ha recuperado satisfactoriamente.

**Figura 4. 55. Cambios presentados para los años 2002 y 2007 en las áreas de territorios agrícolas y bosques y áreas seminaturales.**



En otros casos, los pastos limpios disminuyeron un 4,5% pero para dar paso a mosaicos y en el caso de algunos pastos y cultivos, pasaron a ser pastos enmalezados al 2007 probablemente por un periodo de abandono lo que facilita la regeneración.

Para el 2007, se presentaron bosques fragmentados, algunos con presencia de pastos y cultivos o vegetación secundaria, lo cual como se nombró indica que estos bosques son aprovechados de una u otra manera.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-156

Considerando los parches de tamaño más grande, 3.265 ha pertenecen a mosaico de pastos y cultivos como el polígono más grande para el año 2007 y el polígono de vegetación natural más grande correspondió a Bosque fragmentado con vegetación secundaria con 3.700 ha. Para el 2002, el parche más grande el cual correspondió igualmente a mosaicos de pastos y cultivos ocupó 4.165 ha y 1.498 ha de Bosque denso bajo de tierra firme.

En cuanto al número de polígonos, si son de tipo natural y se dan en elevado número implicarían una alta fragmentación en la zona; en este caso para los años 2002 y 2007 se presentaron 23 y 20 polígonos respectivamente de Arbustales densos, sin embargo dado que en mayor medida pertenecen a páramos, esta cantidad podría deberse al relieve que naturalmente separa dichas coberturas.

Las áreas agrícolas presentaron un total de 39 polígonos para el 2002 y 50 para el 2007, en este caso existe una alta dinámica de cambio en cuanto a las actividades agropecuarias que se presentan en la región, parcelando el terreno y alternando los diferentes tipos de sistema en la zona. Este aspecto es de gran importancia en especial porque las coberturas antrópicas ejercen presión directa sobre los bosques remanentes y páramos adyacentes lo que estaría poniendo en peligro su conservación a largo plazo.

#### 4.1.10 Uso del suelo

Teniendo en cuenta las coberturas descritas en el numeral 4.1.8, se determinó el uso principal para las diferentes zonas del DRMI. Para el municipio de Turmequé, el uso agropecuario tiene la mayor participación, mientras las coberturas naturales de uso protector son mínimas. Por su parte el municipio de Úmbita presenta una mayor participación con las coberturas de pastos que reflejan un uso encaminado hacia la ganadería y en una menor proporción se encuentran usos agrícolas de unidades pan coger. Este Municipio hacia la parte sur presenta coberturas naturales importantes que tienen uso protector<sup>42</sup> (Figura 4.56 y en el Mapa 13 del Anexo cartográfico).

Las unidades protectoras descritas en el párrafo anterior continúan hacia los municipios de La Capilla y Pachavita, en donde vuelven a encontrarse con usos ganaderos que amenazan permanentemente estas coberturas. Los usos del suelo en cuanto a su área y porcentaje dentro del área de estudio se presenta en la Tabla 4.49.

**Tabla 4. 33. Usos del Suelo en el DRMI.**

Cobertura	Uso	Área_(ha)	% de Área
Agrosilvopastoril	Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	1.213,78	10,49
	Mosaico de Pastos y Cultivos	4.862,29	42,01

<sup>42</sup> CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Ambiental Para Dichas Áreas. Bogotá D. C



Cobertura	Uso	Área_(ha)	% de Área
<b>Agrosilvopastoril</b>	<b>Subtotal</b>	<b>6.076,07</b>	<b>52,50</b>
<b>Agrícola</b>	Papa	25,13	0,22
	<b>Subtotal</b>	<b>25,13</b>	<b>0,22</b>
<b>Conservación</b>	Arbustal denso	1.055,19	9,12
	Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	901,63	7,79
	Bosque Fragmentado	190,03	1,64
	Bosque Fragmentado con Pastos y Cultivos	423,13	3,66
	Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	855,44	7,39
	Herbazal Denso de Tierra Firme	1.228,24	10,61
	Vegetación Secundaria o en Transición	476,22	4,11
	<b>Subtotal</b>	<b>5.129,88</b>	<b>44,32</b>
<b>Ganadería</b>	Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	48,50	0,42
	Pastos Enmalezados	38,48	0,33
	Pastos Limpios	255,40	2,21
	<b>Subtotal</b>	<b>342,38</b>	<b>2,96</b>
<b>TOTAL</b>		<b>11.573,45</b>	<b>100,00</b>

#### ♦ Uso de conservación

Corresponde a las coberturas de páramo y sub-páramo, áreas con vegetación natural y cuerpos de agua existente en el ecosistema del DRMI, distribuidas en diferentes puntos del área de estudio, tal como se presenta en la Figura 4.45. Ocupa 5.129,88 ha equivalentes al 44,32% del área del DRMI.

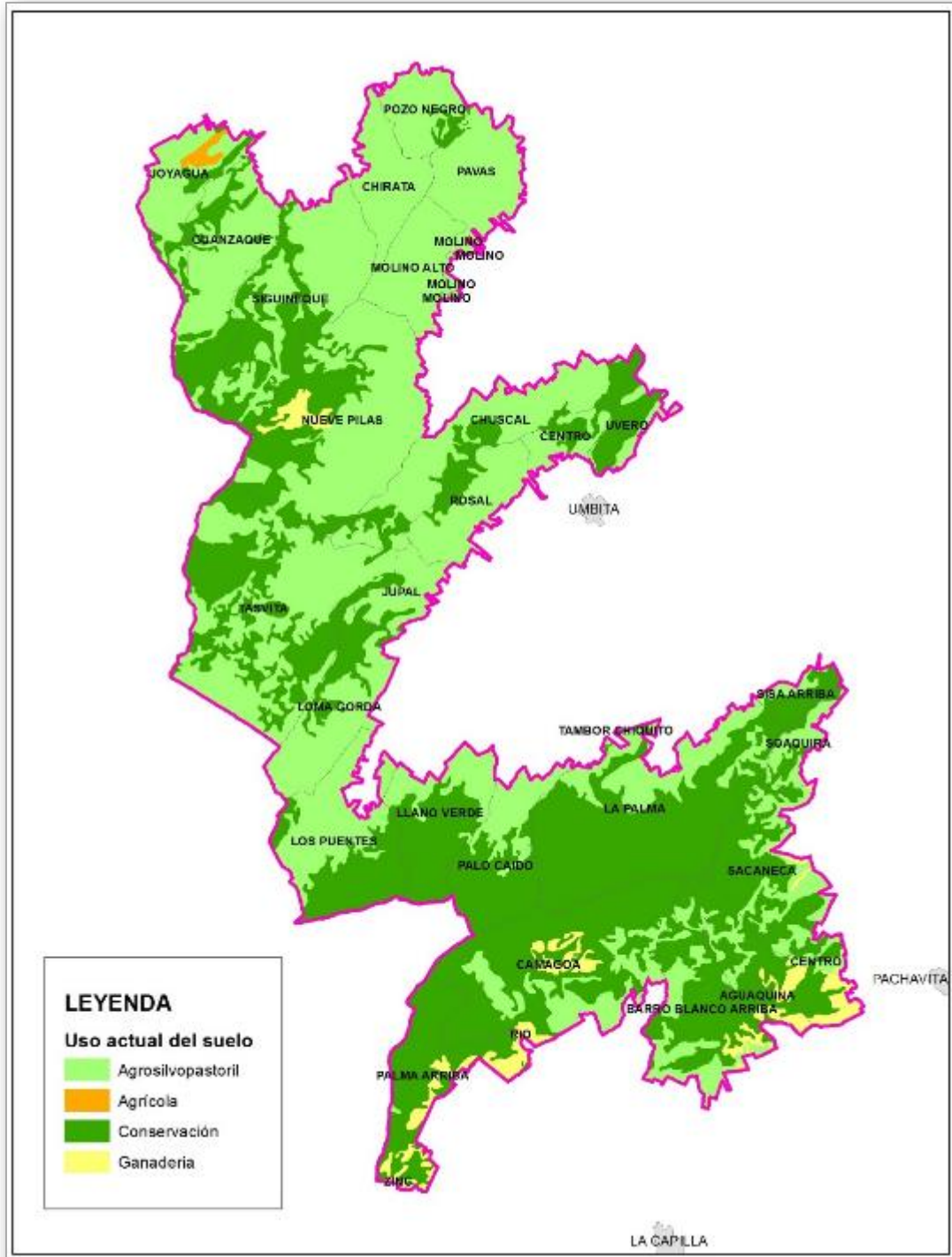
La unidad de vegetación paramuna se encuentra en una zona donde el bosque denso da paso a las especies propias del páramo en una zona abierta tal vez por un proceso de paramización donde se transformó el lugar a potrero y una vez en descanso ocurrió la regeneración natural con especies tales como: frailejones, chites, mortiños, entre las más importantes.

#### ♦ Uso de ganadería

El pastoreo extensivo se realiza en áreas que paulatinamente han cedido sus espacios naturales a la potrerización. Esta categoría de se realiza entre bosques fragmentados con vegetación secundaria, lo que conlleva a deducir que la extensión en zonas de pastos se está realizando en el momento en forma paulatina. También se presenta en relación con áreas de cultivos. Ocupa 342,38 ha equivalentes al 2,96% del área del DRMI.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-158

Figura 4. 56. Uso actual del suelo en el DRMI.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-159





#### ◆ **Uso agrosilvopastoril**

Dentro de ésta categoría se clasifican la producción de agrícola, combinada con producción pecuaria, esta clase de agricultura que se realiza corresponde a cultivos generalmente semestrales, cultivos que generalmente son de pan coger, con pocos excedentes para la venta. Su importancia radica, si se tiene en cuenta que por tradición esta zona se ha convertido en una despensa agropecuaria para los pobladores del sector<sup>43</sup>.

La continua explotación de estos suelos en sistemas productivos, hace necesario tomar medidas para que dichas actividades allí realizadas no se expandan hacia las zonas de conservación.

La actividad agropecuaria se caracteriza por ser una agricultura de subsistencia, es decir consume lo que produce y en algunos aspectos es inferior a las necesidades. La mayor parte de las explotaciones se localizan en terrenos pendientes, donde los rendimientos son bajos. Allí reside la mayor parte de la población dedicada a un tipo de agricultura en pequeñas parcelas y bajo diferentes sistemas de tenencia de la tierra que le proporciona muy bajos ingresos<sup>44</sup>.

Dentro de los cultivos normalmente reportados para el DRMI se encuentra con gran importancia el cultivo de la papa como actividad comercial importante en el municipio de Turmequé, y que hace parte importante en la dieta de los habitantes del sector. Este cultivo se caracteriza por el alto grado de uso de agroquímicos y la fertilización indiscriminada con fertilizantes químicos que impactan con sus excedentes los suelos y el recurso agua, También se encuentran cultivos de frutales como Curuba, entre otros. Ocupa 6.076,07 ha equivalentes al 52,50% del área del DRMI.

#### ◆ **Uso agrícola**

Esta unidad incluye los cultivos de papa existentes en el área. Ocupa 25,13 ha equivalentes al 0,22% del área del DRMI.

#### **4.1.11 Conflictos de uso del suelo**

Los conflictos por uso del suelo corresponden a aquellas áreas que por sus condiciones actuales de uso presentan prácticas inadecuadas de explotación de los recursos naturales y simultáneamente existe contradicción con el concepto de desarrollo sostenible generando problemas socioeconómicos. La definición de las áreas en conflicto permite definir acciones tendientes a minimizar las amenazas naturales, a definir las áreas a conservar y definir los ecosistemas estratégicos y cuerpos de agua.

<sup>43</sup> Ibíd.

<sup>44</sup> Ibíd.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-160

Para la identificación de los conflictos por uso del suelo en el DRMI se adaptó la matriz que se presenta en la Tabla 4.39, la información se puede ver especializada en el mapa de conflictos por uso del DRMI (Figura 4.57 y Mapa 14 del Anexo cartográfico). Teniendo en cuenta que el área debería ser de conservación, sin embargo y en aras de permitir la zonificación y evitar conflictos sociales, se tiene en cuenta la clase agrológica correspondiente, cruzada con el uso actual establecido.

**Tabla 4. 34. Identificación de conflictos.**

USO ACTUAL	USO POTENCIAL			
	CLASES AGROLÓGICAS			
	IV	VI	VII	VIII
CONSERVACIÓN	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
AGROSILVO-PASTORIL	Adecuado	Inadecuado	Inadecuado	Muy inadecuado
GANADERÍA	Adecuado	Inadecuado	Inadecuado	Muy inadecuado
AGRÍCOLA	Adecuado	Inadecuado	Inadecuado	Muy inadecuado

Fuente: Adaptado de CORPOCHIVOR, 2009.

Consolidando la información relacionada en la Tabla 4.39 y contenida en la Figura 4.57, el área del DRMI, se tienen las áreas en conflicto que se muestran en la Tabla 4.40, estas actividades relacionadas generan graves daños, dado que están en suelos propios de páramo.

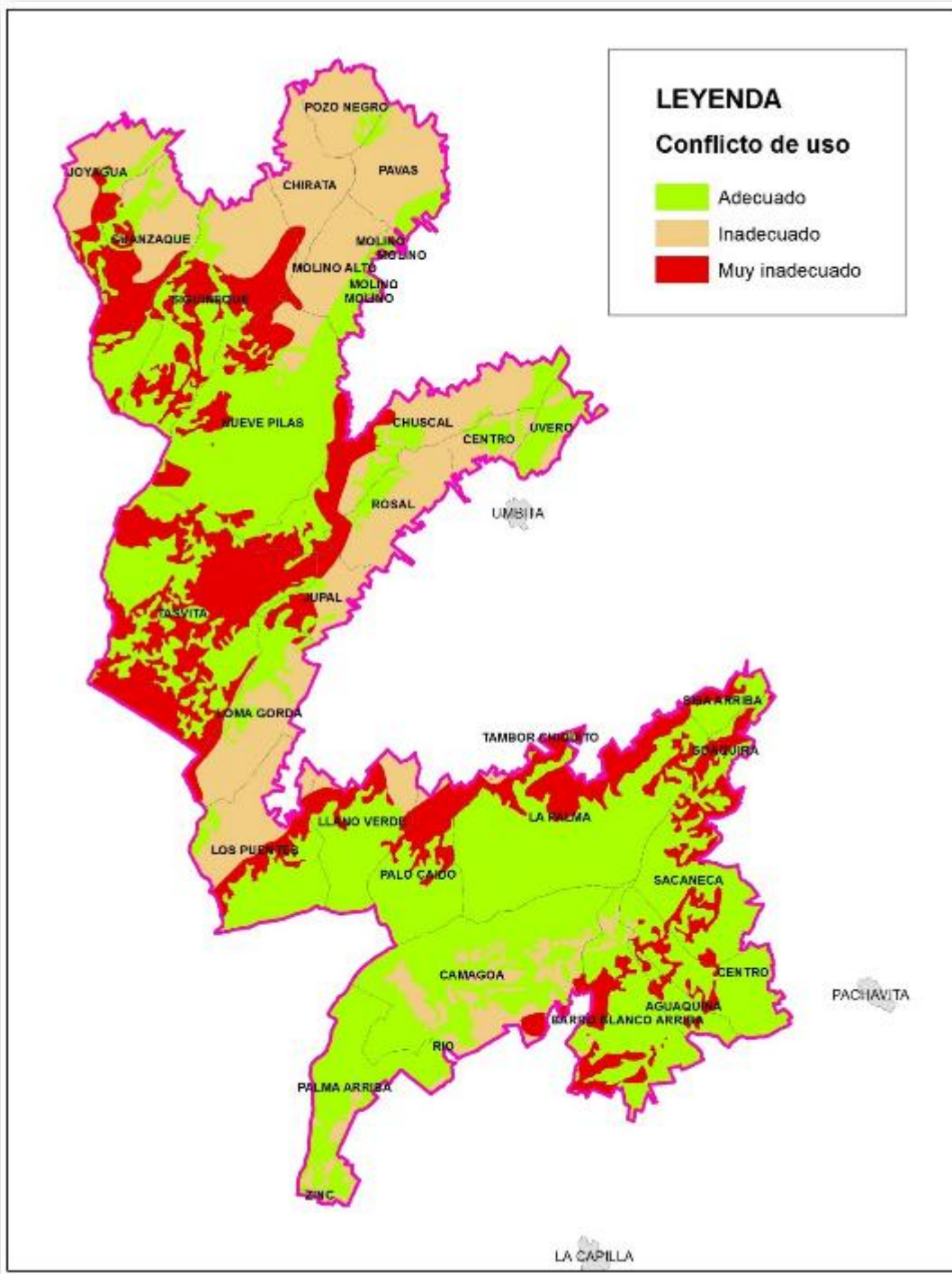
**Tabla 4. 35. Porcentaje de áreas en conflicto.**

CONFLICTOS			
Símbolo	Categoría	Área (ha)	% de Área
A	Adecuado	6.072,79	52,47
I	Inadecuado	3.045,87	26,32
MI	Muy Inadecuado	2.454,78	21,21
<b>TOTAL</b>		<b>11.573,45</b>	<b>100,00</b>

De la Tabla 4.40 se determina que 2.454,79 ha correspondientes al 21,21% del área total del DRMI se encuentran en conflicto de uso en la categoría de muy inadecuado, mientras que 6.073,34 ha con un 52,47% de área se encuentran siendo usadas de manera adecuada en el DRMI.

Al reunir las unidades de uso inadecuado y uso muy inadecuado del suelo se evidencia que casi la mitad del área del DRMI, está en este tipo de uso (5.500,65 ha).

Figura 4. 57. Conflicto de uso del suelo.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



#### 4.1.11.1 Afectación de los suelos del DRMI por las actividades agropecuarias.

Teniendo en cuenta el diagnóstico del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque, se requiere la utilización productivos agropecuarios sostenibles y amigables con el ambiente, al tiempo que rentable para los productores.

Es evidente que uno de los factores que mayor presión genera sobre el recurso suelo, es la actividad antrópica generada por las actividades agropecuarias realizadas con el fin de solucionar los problemas de oferta de comida. Dentro de las afectaciones más comunes por el efecto de las actividades agropecuarias se tienen:

- La pérdida de la estructura de los suelos, pues el laboreo agropecuario afecta el tamaño de y la distribución de los agregados, disminuyendo el tamaño de los poros naturales del suelo.
- La capacidad para almacenar el agua depende en gran parte del tamaño y número de los poros del suelo. Al cambiar la distribución y tamaño de los agregados, afecta este importante factor.
- Igualmente se afecta la aireación del suelo ya que se satura más fácilmente de agua impidiendo la libre circulación del aire.
- Se aceleran procesos de acidificación de los suelos, dependiendo de las distintas prácticas de laboreo.

Por lo anterior los suelos pierden con facilidad la materia orgánica, causando su degradación y contribuyendo a la contaminación ambiental; la mayoría de los efectos coaccionados por el excesivo laboreo.

Tomando como referencia la leyenda utilizada, los usos asociados a estas, en algunas oportunidades afectan el estado natural del ecosistema, ya que constituyen actividad antrópica que pone en riesgo la cobertura natural por presión sobre ésta, que poco a poco se desplaza generando ampliación de la frontera agrícola. Como puede colegirse, el uso asociado a las coberturas descritas es de origen antrópico, que quierase o no generan algún tipo de influencia o presión sobre otras coberturas menos intervenidas. Para el presente caso se presentarán las coberturas que por acción del hombre influyen sobre otras<sup>45</sup>.

Es indudable que los usos agropecuarios y ganaderos en áreas de conservación generan impactos negativos que deterioran el recurso suelo e impactan y atentan contra las vegetaciones naturales que además ofrecen una cobertura proteccionista al ecosistema y que proporcionan un hábitat para especies animales y en general disminuyen los valores ecosistémicos de los componentes bióticos y abióticos.

<sup>45</sup> *Ibíd.*

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



#### 4.1.11.2 Sistemas productivos en el DRMI

La zona más influenciada por el cultivo de la papa corresponde al municipio de Turmequé<sup>46</sup>, ya que es el cultivo de mayor importancia por ser un producto que además de hacer parte de la dieta familiar, recobra importancia de tipo económico para los diferentes productores del sector. En la región se puede determinar que el sistema de producción de la papa es más tecnificado, requiere bastante mano de obra y el uso de agroquímicos.

Tal como lo evidencian los recorridos y la información secundaria consultada, los sistemas productivos agrícolas se han establecido, en contra del ecosistema de páramo que otrora existiese. Este daño que aparentemente les permite a los habitantes del sector una despena agrícola<sup>47</sup>, con el tiempo el deterioro de sus suelos y el impacto sobre los recursos naturales del ecosistema de páramo conllevará a deficiencias hídricas en cantidad por alteraciones en el ciclo hidrológico y en calidad por contaminación de las aguas como consecuencia de las actividades desarrolladas.

Para el establecimiento de sistemas productivos agropecuarios, se han destruido y fragmentados ecosistemas de páramo y de bosque andino y alto andino como se puede apreciar en los anexos cartográficos; impidiendo el normal tránsito de las especies que interrumpen además los flujos de energía dentro del ecosistema alto andino. Las poblaciones de animales aisladas de esta forma, viven en relictos, quedando en condición de vulnerabilidad y su riesgo de extinción se incrementa cada vez.

La actividad agropecuaria en suelos de páramo como es el caso, desequilibra el normal comportamiento de nutrientes en el suelo trayendo implicaciones en sus ciclos y quedando en disposición de procesos erosivos, máxime cuando se encuentra en zonas de pendientes pronunciadas<sup>48</sup>.

La susceptibilidad de los suelos de páramo, hacen que éstos pierdan rápidamente su horizonte A o capa vegetal, quedando expuesto el horizonte B de menor fertilidad y de menores condiciones fértiles, incrementándose la posibilidad de erosión.<sup>49</sup>

Lo anterior sumado con las altas precipitaciones sobre suelos desprotegidos, permiten que la escorrentía arrastre considerables volúmenes de suelo, deteriorando las condiciones propias produciendo un efecto de turbiedad en los cuerpos de agua, y que además producirán sedimentación en los cauces y diferentes cuerpos de agua<sup>50</sup>.

<sup>46</sup> Ibíd.

<sup>47</sup> Ibíd.

<sup>48</sup> Ibíd.

<sup>49</sup> Ibíd.

<sup>50</sup> Ibíd.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-164



Los efectos negativos que producen la utilización de los diferentes agroquímicos en los sistemas productivos ocasionan la contaminación de suelos y aguas con consecuencias negativas para la población. Finalmente y teniendo en cuenta la susceptibilidad de los suelos de páramo, se presenta una serie de efectos que pueden suceder con el uso de éstos en los sistemas productivos agropecuarios, como se presenta en la Tabla 4.52, adaptada de (CORPOCHIVOR, 2009).

**Tabla 4. 36. Efectos de las actividades agropecuarias en los suelos de páramo.**

Componente	Aspecto	Causas	Efectos
<b>FÍSICO</b>	Daño en la estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exceso laboreo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la infiltración.</li> <li>Incremento en el riesgo de erosión</li> </ul>
	Erosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excesivo laboreo en zonas de ladera.</li> <li>Remoción de la cobertura vegetal.</li> <li>Siembras en sentido de la pendiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la profundidad efectiva.</li> <li>Disminución de la fertilidad.</li> <li>Sedimentación en ríos y vías.</li> <li>Transporte de agroquímicos a las fuentes de agua.</li> <li>Peligro de derrumbes y daños en áreas habitadas.</li> </ul>
<b>BIOLÓGICO</b>	Disminución de la actividad biológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de plaguicidas.</li> <li>Excesivo laboreo del suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la capacidad del suelo para reciclar nutrientes.</li> <li>Disminución de la capacidad del suelo para degradar plaguicidas.</li> <li>Disminución de los nutrientes del suelo.</li> </ul>
<b>QUÍMICO</b>	Disminución de la materia orgánica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toma de nutrientes del suelo por los cultivos.</li> <li>Exceso de laboreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de los nutrientes del suelo.</li> <li>Disminución de la estabilidad estructural del suelo.</li> <li>Incremento en el riesgo de compactación.</li> <li>Riesgo de contaminación de aguas por nitratos.</li> </ul>
	Cambio en el pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inapropiada fertilización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de la disponibilidad de nutrientes.</li> <li>Disminución de la actividad biológica.</li> <li>Limitaciones serias para el desarrollo de cultivos.</li> </ul>

**Fuente:** Adaptado de CORPOCHIVOR, 2009.



#### 4.1.11.3 Conclusiones

##### ♦ Áreas con uso adecuado

Estas áreas corresponden a las coberturas con vegetación natural o secundaria, es decir las que poseen una cobertura de Vegetación de Páramo y Sub-páramo y que a la fecha no han sido intervenidas por el hombre, o el grado de intervención es mínimo. Esto significa que están cumpliendo con la función natural y social del ecosistema hacia el hombre. Se encuentra en las tres categorías de clases agrologicas que permiten el sustento natural de los bosques. El Bosque natural intervenido se considera en uso adecuado cuando se presenta en la clase agrologica VI que permite su uso en actividades agropecuaria con buen manejo agronómico.

Las zonas de manejo hídrico y las que no reportan un uso que corresponden a afloramientos rocosos se consideran en uso adecuado.

##### ♦ Áreas con uso inadecuado

Estas áreas se presentan en el DRMI, en las coberturas con vegetación natural o secundaria son un grado de intervención en las clases agrológicas VII y VIII, y el Pastoreo Extensivo en las clases VI y VII. El primero porque se ha cedido espacio de las coberturas de vegetación natural para utilizarlas en pastoreo que aun cuando en ocasiones lo permite el uso del suelo, no se realizan las labores técnicas para la protección del recurso suelo, que no solamente, presenta su propia degradación, sino que impacta al recurso hídrico disminuyendo su calidad y por efectos secundarios pueden ocasionar la disminución del mismo, teniendo en cuenta que este ecosistema es productor del recurso. El segundo, en iguales condiciones ha permitido la ampliación de potreros en áreas que deberían tener cobertura boscosa, este uso se considera inadecuado ya que las condiciones en que se presenta esta explotación no permiten la conservación de los recursos. Por lo anteriormente descrito, la ganadería se considera en uso inadecuado en las clases VI y VII. De igual manera se califica el uso agropecuario en la clase VII, ya que este se limita a mantener sistemas de pastoreo manejado.

##### ♦ Áreas con uso muy inadecuado

Cuando el uso supera las condiciones que soportan sus recursos, se consideran como muy inadecuado, tal es el caso del pastoreo extensivo, la ganadería y el uso agropecuario en la clase VIII, que solamente soporta áreas de cobertura para protección.

Vale la pena mencionar que en áreas del parque municipal de Pachavita se reporta un área con uso muy inadecuado<sup>51</sup>, de igual manera se encuentran áreas en uso muy inadecuado

<sup>51</sup> Ibíd.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-166



en los municipios de Úmbita y Turmequé, donde hay actividades de agropecuarias junto a sitios con vegetación de paramo y de nacimiento de agua.

#### 4.1.12 Amenazas naturales

##### 4.1.12.1 Amenaza geológica

Colombia es un país que se encuentra ubicado en uno de los cinturones orogénicos más representativos y activos del mundo, formado por la interacción de la placa de Sudamérica, con las subducentes placas de Nazca, Cocos y Caribe en el conocido Cinturón de Fuego del Pacífico. Estas condiciones tectónicas se ven reflejadas en todo momento en elementos sísmológicos y geomorfológicos.

El área del DRMI no es ajena a estos procesos, ya que como se indicó antes se encuentra en el flanco este de la Cordillera Oriental, en donde procesos geomorfológicos como erosión superficial y remoción en masa están presentes y en ocasiones son detonados por factores sísmicos. A continuación se hará la descripción de las amenazas geológicas presentes en la zona.

##### 4.1.12.2 Sismicidad

Al consultar las bases de datos de la Red Sísmológica Nacional del Servicio Geológico Colombiano, se realizaron dos tipos de consulta, primero se buscaron los sismos sucedidos dentro de la jurisdicción de los municipios de Garagoa, Úmbita, Turmequé y Pachavita siendo estos los que aparecían dentro del registro histórico, se consultó un periodo histórico desde el 1 de enero de 1950 hasta el 14 de mayo del 2013, y eventos con magnitudes sísmicas de 0 a 9, y profundidades de 0 a 700 km. Para una segunda se fijó un polígono (-73.538, 5.250; -73.372, 5.109) abarcando el área de estudio con los mismos patrones de búsqueda anterior.

En la primera consulta se encontraron 14 eventos dentro de los cascos urbanos y rurales de los cuatro municipios, de acuerdo a la profundidad del hipocentro de cada evento se pueden identificar dos tipos de sismos, superficiales con sismos de 10 a 0 Km de profundidad y profundos con sismos de 160 a 150 Km de profundidad. Los sismos profundos no exceden los 2,1 de magnitud local e igual caso sucede con los sismos superficiales sin embargo se encuentra el sismo del 21 de enero de 1995 de escala 5,6 de magnitud local y que generó gran impacto en 25 casas con daños importantes y un número de 1.500 damnificados, este sismo se sintió en los departamentos de Cundinamarca y Tolima (Periódico El Tiempo).

Para el caso de la segunda consulta en la Red sísmológica Nacional, acotando el área de búsqueda al polígono del área de estudio, como resultado se obtienen únicamente 9 eventos para los últimos 63 años, y donde se excluye el sismo de Garagoa de 1995, y el evento de mayor magnitud reportado es de 2,5 de magnitud local reportado en el municipio de Villapinzón, Cundinamarca el 16 de agosto del 2007, sin embargo vale la pena aclarar

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



que se encuentran los dos tipos de sismicidad una profunda y una superficial más recurrente que la anterior.

El área de estudio reporta baja sismicidad y sismos de baja magnitud asociados a la actividad reciente de fallas de Icabuco, Guayabal y en el caso más SE, la Falla del Río Garagoa, su actividad reciente se encuentra evidenciado por la sismicidad superficial actual, como producto de la liberación de compresión en la zona de piedemonte llanero y como fallas piloto del sistema imbricado de fallas de Guaicaramo (Tablas 4.42 y 4.43).

Tabla 4. 37. Sismos por municipios, modificado de <http://seisan.ingeminas.gov.co/RSNC/index.php/consultas>.

MUNICIPIO	Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud	Profundidad
	aaaa/mm/dd	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados	Km
Turmequé	24/09/1995	07:17:55	2,1	-73,487	5,406	0
	04/06/2000	06:51:51	2,3	-73,501	5,286	1.5
Úmbita	19/12/2007	03:49:57	1,7	-73,507	5,202	151,4
	25/09/2011	22:05:25	1,4	-73,477	5,205	0
Garagoa	19/01/1995	15:42:56	2,2	-73,287	5,098	0
	21/01/1995	09:18:18	5,6	-73,13	5,02	1
	17/07/1999	04:01:59	1,6	-73,32	5,12	7.5
	14/06/2002	21:55:09	2,8	-73,367	5,125	0
	16/01/2004	13:39:51	1,5	-73,299	5,117	0,2
	06/01/2008	15:23:38	1,5	-73,39	5,108	160
	31/12/2010	00:40:02	1,2	-73,385	5,092	4
Pachavita	30/09/2003	12:37:12	2,1	-73,409	5,164	157,3
	12/10/2011	09:00:22	1,1	-73,435	5,141	1
	28/02/2013	12:21:44	1,6	-73,414	5,112	0
<b>Sismos totales</b>						<b>14</b>

Tabla 4. 38. Sismos por rectángula del área de estudio, modificado de <http://seisan.ingeminas.gov.co/RSNC/index.php/consultas>.

Departamento	Municipio	# Estaciones	Fecha aaaa/mm/d	Hora UTC hh:mm:ss	Latitud °	Longitud °	Profundida d Km	Magnitud MI
Boyacá	Chinavita	4	27/01/1995	05:49:30	5,196	-73,4	9,8	1,6
Boyacá	Chinavita	6	02/02/1999	08:02:45	5,204	-73,384	2	2,4
Boyacá	Pachavita	5	30/09/2003	12:37:12	5,164	-73,409	157,3	2,1
Cundinamarca	Villapinzón	5	16/08/2007	05:39:31	5,22	-73,538	152,1	2,5

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-168

Departamento	Municipio	# Estaciones	Fecha aaaa/mm/d	Hora UTC hh:mm:ss	Latitud °	Longitud °	Profundidad d Km	Magnitud MI
Boyacá	Úmbita	4	19/12/2007	03:49:57	5,202	-73,507	151,4	1,7
Boyacá	Úmbita	4	25/09/2011	22:05:25	5,205	-73,477	0	1,4
Boyacá	Pachavita	4	12/10/2011	09:00:22	5,141	-73,435	1	1,1
Cundinamarca	Villapinzón	5	22/02/2012	08:56:48	5,135	-73,535	0	1,1
Boyacá	Pachavita	4	28/02/2013	12:21:44	5,112	-73,414	0	1,6
<b>Sismos totales por rectángulo</b>								<b>9</b>

Retomando la información evaluada en CORPOCHIVOR, 2004<sup>52</sup>, las fallas de piedemonte de la cordillera Oriental cercanas a la zona de estudio son las mayores fuentes de riesgo sísmico. El sistema de Guaicáramo se ha clasificado como activa con magnitudes más probables – MMP de 7,1, presentando numerosos indicios de actividad neotectónica.

La Figura 4.58 muestra la distribución espacial de la amenaza sísmica. A grandes rasgos la amenaza intermedia se sitúa en el DRMI en el sector noroccidental de una gran línea divisoria que sigue aproximadamente la dirección general de las estructuras geológicas existentes, sobre un área de 4.666,26 ha equivalentes al 40,32% del DRMI. La amenaza alta se sitúa al sureste del DRMI, sobre un área de 6.907,74 ha equivalentes al 59,68% del DRMI.

#### 4.1.12.3 Remoción en masa

En la vía que comunica la vereda Barro Blanco con el municipio de La Capilla se encuentran una gran cantidad de procesos de remoción en masa, y en el lugar se presenta caída de árboles y reptación del terreno (Estación: Zona de Remoción en Masa, Barro Blanco) (Foto 4.50).

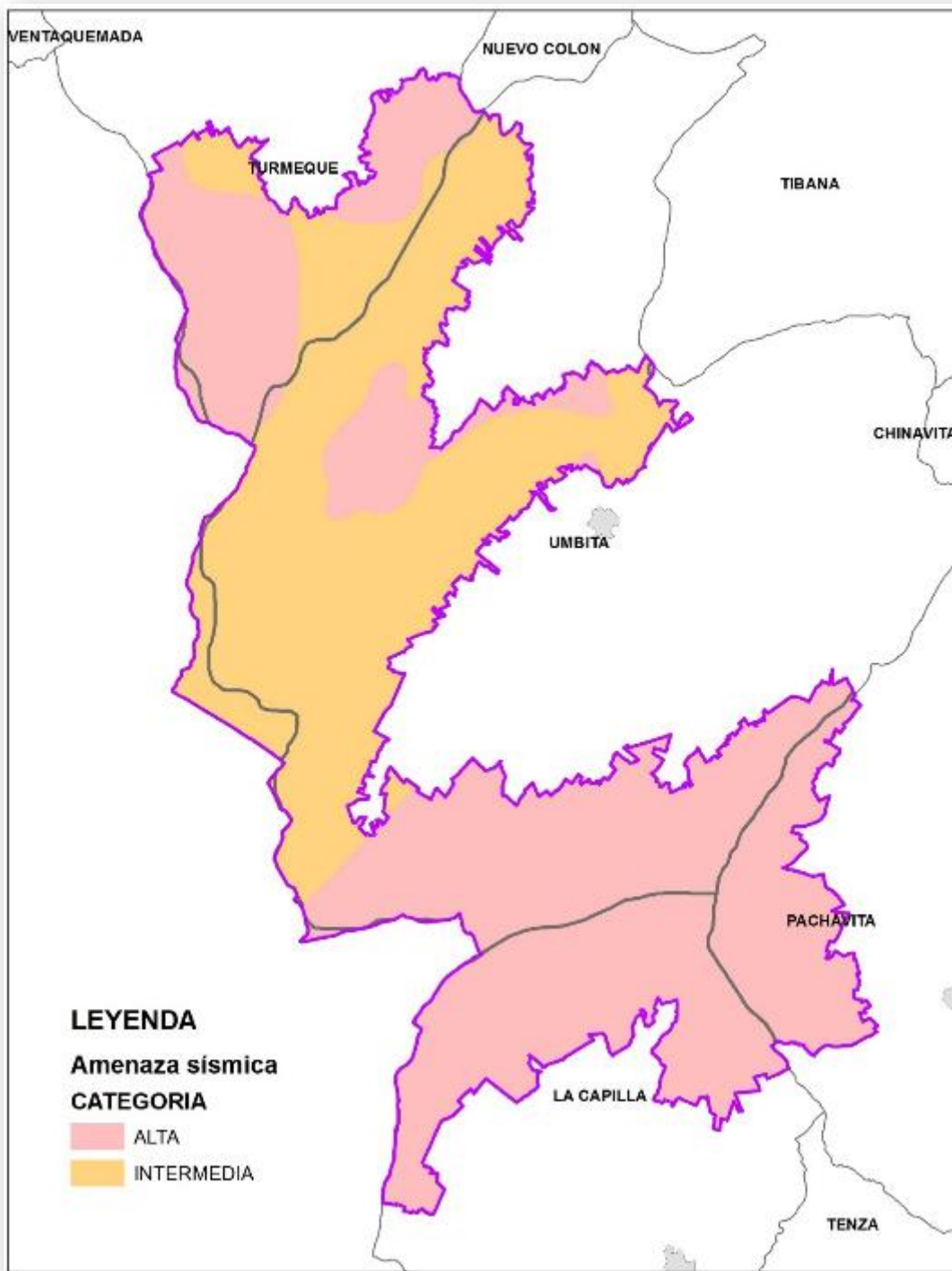
La vía Barro Blanco – La Capilla, es una vía terciaria que en algunos de sus tramos presentan pequeñas obras de ingeniería civil y como la vía estas obras han sufrido graves efectos de la reptación del terreno, como también es evidenciado en postes de cercas, se han generado grietas de 30 cm de ancho. En la quebrada Mazamorra se presentan también gran cantidad de procesos de remoción en masa, como también procesos torrenciales como avalanchas y arroyadas que generan una mayor inestabilidad de los terrenos aledaños a la quebrada, la dirección de reptamiento se encuentra hacia el valle de la Quebrada Mazamorra (Estación: Infraestructura vial afectada, Barro Blanco) (Foto 4.51).

<sup>52</sup> CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004. Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. Identificación de riesgo, amenaza y vulnerabilidad.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	
				Página: 4-169



Figura 4. 58. Amenaza sísmica.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-170

Foto 4. 50. Proceso de remoción en la Vereda Barro Blanco, La Capilla.



Foto 4. 51. Reptación del terreno con efecto sobre la infraestructura vial, grieta de 30 cm de desaparición, Vereda Barro Blanco, La Capilla.



La composición predominante de la Formación Fόμεque en la Vereda Barro Blanco son shales negros y la naturaleza de esta roca es ser muy sensible ante los procesos de erosión y meteorización, tendiendo a formarse este tipo de procesos que afectan tanto a la comunidad y a las vías de comunicación (Foto 4.52).

En la vía que comunica las veredas de Sacaneca Arriba y La Palma, se encuentra un deposito fluvio glaciar en el cual se presentan fuertes movimientos del terreno como el

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-171

reptamiento de la vía, y el deterioro a obras de infraestructura civil. Hay además viviendas afectadas por los procesos de reptamiento del terreno hacia los puntos de menor altura, se observan viviendas desocupadas por la preocupación de que su vivienda se desplome por presentar grietas en las paredes y columnas de la estructura (Estación: Proceso de remoción en masa, Vereda La Palma) (Fotos 4.53 y 4.54).

**Foto 4. 52. Proceso de reptación y hundimiento de la Vía La Capilla - Tenza.**



**Foto 4. 53. Infraestructura afectada por procesos de remoción en masa, Vereda La Palma, Municipio de Úmbita.**



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-172



**Foto 4. 54. Vivienda afectada por procesos de remoción en masa, Vereda La Palma, Municipio de Úmbita.**



Retomando la información evaluada en CORPOCHIVOR, 2004<sup>53</sup>, las fuertes pendientes, las rocas sedimentarias de grano fino y areniscas deleznable con fuerte influencia tectónica y la proximidad a las fallas activas de piedemonte llanero confluyen para tener unas condiciones que favorecen los fenómenos de remoción en masa.

La Figura 4.59 y el Mapa 15 del Anexo cartográfico, muestra la distribución espacial de la amenaza ante la remoción en masa. La mayor parte del DRMI tiene un nivel medio de amenaza (6.910,65 ha, 59,71% del DRMI). La amenaza alta se localiza en jurisdicción de las veredas Guanzaque y Sigueque del municipio de Turmequé y en pequeños sectores de La Capilla sobre el límite sur del DRMI (56,29 ha, 0,49%); esta última área colinda con una zona de amenaza alta con presencia de zonas críticas, de la cual alcanza a estar en el DRMI 0,43 ha. Las restantes 4.606,63 ha equivalentes al 39,80% del DRMI se encuentran en nivel de amenaza baja.

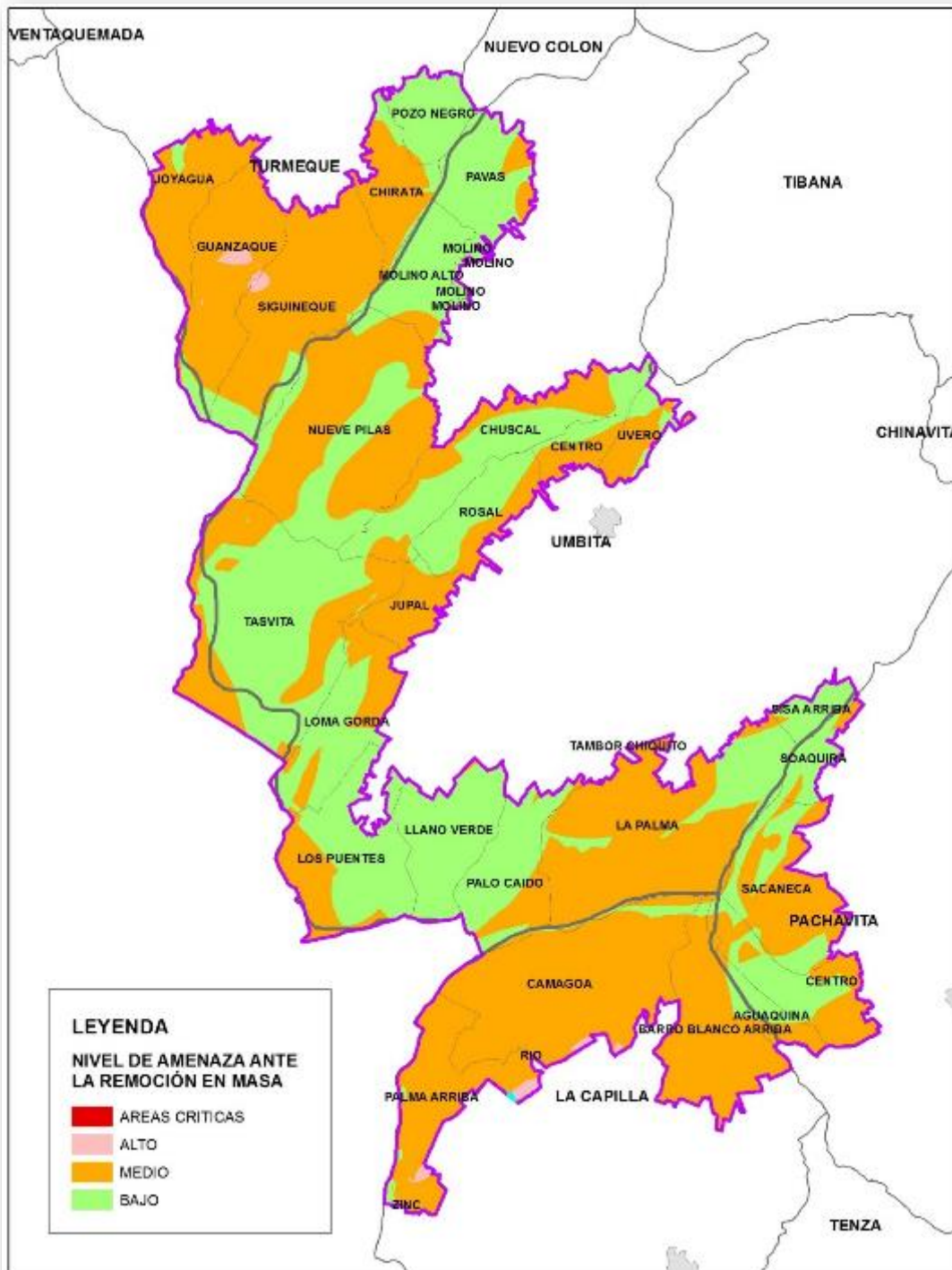
#### **4.1.12.4 Erosión**

El área de estudio ha sufrido al pasar el tiempo diferentes procesos erosivos y denudativos los cuales son consecuencia de factores climáticos y físicos, el paisaje actual es el resultado que en un inicio predominara la erosión glacial y seguido en la actualidad un régimen de erosión fluvial que transforma los valles suaves glaciares a valles en “V”, agudos y torrenciales, y acompañando este factor actual la erosión eólica que actúa fuertemente en los escarpes y alturas impidiendo el desarrollo de vegetación de gran tamaño (Foto 4.55).

<sup>53</sup> CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004. Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. Identificación de riesgo, amenaza y vulnerabilidad.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Figura 4. 59. Amenaza ante la remoción en masa.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	



**Foto 4. 55. Actualmente este valle presenta erosión fluvial, sin embargo antes era precedido por la erosión glaciar, adelante Vereda Sacaneca Arriba, al fondo valle de Tenza.**



Un fenómeno recurrente observado en el límite de las veredas La Palma y Sacaneca Arriba, es la potrerización y el aumento de cultivos de papa mediante la quema de la vegetación de paramo como son los frailejones, al norte del punto se encontró más de media hectárea quemada recientemente, al quemar la capa vegetal que protege el terreno de la erosión y meteorización química, incentiva la tasa con la que se deteriora el suelo y se desestabiliza el terreno (Foto 4.56).

**Foto 4. 56. Quema de vegetación de paramo, y ascenso topográfico de prácticas como la agricultura y ganadería, Vereda La Palma, Municipio de Úmbita.**



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-175



#### 4.1.12.5 Incendios forestales

Los incendios forestales son definidos como: El fuego que se extiende sin control, cuyo combustible principal es la vegetación viva o muerta. (MAVDT, 2010)<sup>54</sup>.

La amenaza se define como: El fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. (MAVDT, 2010)<sup>55</sup>.

En este orden de ideas la amenaza por incendios forestales se define como: Fuegos no controlados sobre coberturas vegetales que pueden ocasionar pérdidas materiales y/o humanas al igual que daños ambientales.

Aunque las condiciones climáticas de la zona de estudio, junto con las condiciones de relieve no clasifican a Cristales-Castillejo como una zona de alto riesgo en cuanto a los incendios forestales<sup>56</sup>. La amenaza de incendios forestales en el DRMI, está dada por la posibilidad de ocurrencia de las siguientes causas: caída de rayos producidos por tormentas eléctricas, principalmente cuando estas no son acompañadas de lluvia y presencia del hombre en las zonas cercanas a vegetación susceptible a conflagraciones.

En el análisis de las coberturas vegetales del DRMI, se encontró que según los reportes las zonas de ocurrencia de incendios corresponden a las coberturas de pastos y espacios naturales, matorrales, bosques alto andinos y coberturas de páramo y subpáramo. Desde el punto de vista estructural están asociadas a la presencia de comunidades con diferentes comportamientos y susceptibilidad a los incendios, entre las que se encuentran:

- **Comunidades con especies denominadas pirovulnerables:** las cuales tienen son afectadas por el fuego significativamente, sufriendo grandes daños, alta mortalidad y con baja capacidad de rebrote; al aumentar la frecuencia de los fuegos estas poblaciones disminuyen su abundancia relativa dentro de la vegetación. Muchos árboles del bosque secundario pertenecen a esta categoría.
- **Comunidades con especies pirogénicas:** especies con atributos que aumentan la inflamabilidad de la vegetación que hacen parte las altas concentraciones de sustancias volátiles, acumulación de materiales inflamables y baja acumulación de humedad en los tejidos o en el microsítio. Las principales pirogénicas en el DRMI son el laurel hojipequeño, el helecho marranero, entre las nativas y los pinos y eucaliptos entre las introducidas.

<sup>54</sup> [http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosInstitucional/incendios\\_forestales/170712\\_estrategia\\_corresponsabilidad.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosInstitucional/incendios_forestales/170712_estrategia_corresponsabilidad.pdf)

<sup>55</sup> [http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosInstitucional/incendios\\_forestales/170712\\_estrategia\\_corresponsabilidad.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosInstitucional/incendios_forestales/170712_estrategia_corresponsabilidad.pdf)

<sup>56</sup> CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Ambiental Para Dichas Áreas. Bogotá D. C.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-176



- **Pirófilas:** especies sin rasgos que aumenten particularmente la inflamabilidad de la vegetación, pero cuyos atributos vitales hacen que sean favorecidas por el fuego (activación de semillas, preparación del suelo, aumento de la iluminación, etc.). Ej: frailejón y espartillo.

Las coberturas del DRMI con mayor vulnerabilidad a ocurrencia de incendios forestales por causas antrópicas son las que se encuentran al borde de la frontera agropecuaria en los municipios de Úmbita, Turmequé, La Capilla y Pachavita, especialmente la vegetación de bosque alto andino y de páramo y subpáramo, sobre la que se ejerce una continua presión antrópica.

Retomando la información evaluada en CORPOCHIVOR, 2004<sup>57</sup>, la Figura 4.60 y el Mapa 16 del Anexo cartográfico, muestra la distribución espacial de la amenaza ante incendios forestales. En el área del DRMI se muestran tres zonas bien diferenciadas, predominando el nivel de amenaza baja.

Las zonas de amenaza alta se presentan fundamentalmente en los páramos y en las áreas que no están siendo cultivadas, en jurisdicción del municipio de Turmequé; las áreas donde predominan los niveles medios de amenaza corresponden igualmente a las zonas de páramo localizadas principalmente en jurisdicción de los municipios de Turmequé y Úmbita.

#### **4.1.12.6 Amenaza ante la inundación**

De acuerdo a los resultados del estudio CORPOCHIVOR, 2004<sup>58</sup> en el área de estudio, las elevadas pendientes hacen que los eventos de inundación no puedan afectar zonas alejadas de los ejes de drenaje y se limitan a una duración corta. Según la distribución espacial de la amenaza ante la inundación elaborada según criterios geomorfológicos, se evidencia que en el área del DRMI la amenaza es de nivel bajo.

#### **4.1.12.7 Amenaza ante a avenida torrencial**

De acuerdo a los resultados del estudio CORPOCHIVOR, 2004<sup>59</sup> las elevadas precipitaciones, las altas pendientes, la sismicidad y la alta susceptibilidad a los procesos de remoción en masa crean condiciones ideales para el desencadenamiento de avenidas torrenciales. La mayor susceptibilidad se presenta en las microcuencas de la quebrada Gusba y Honda en el municipio de La Capilla.

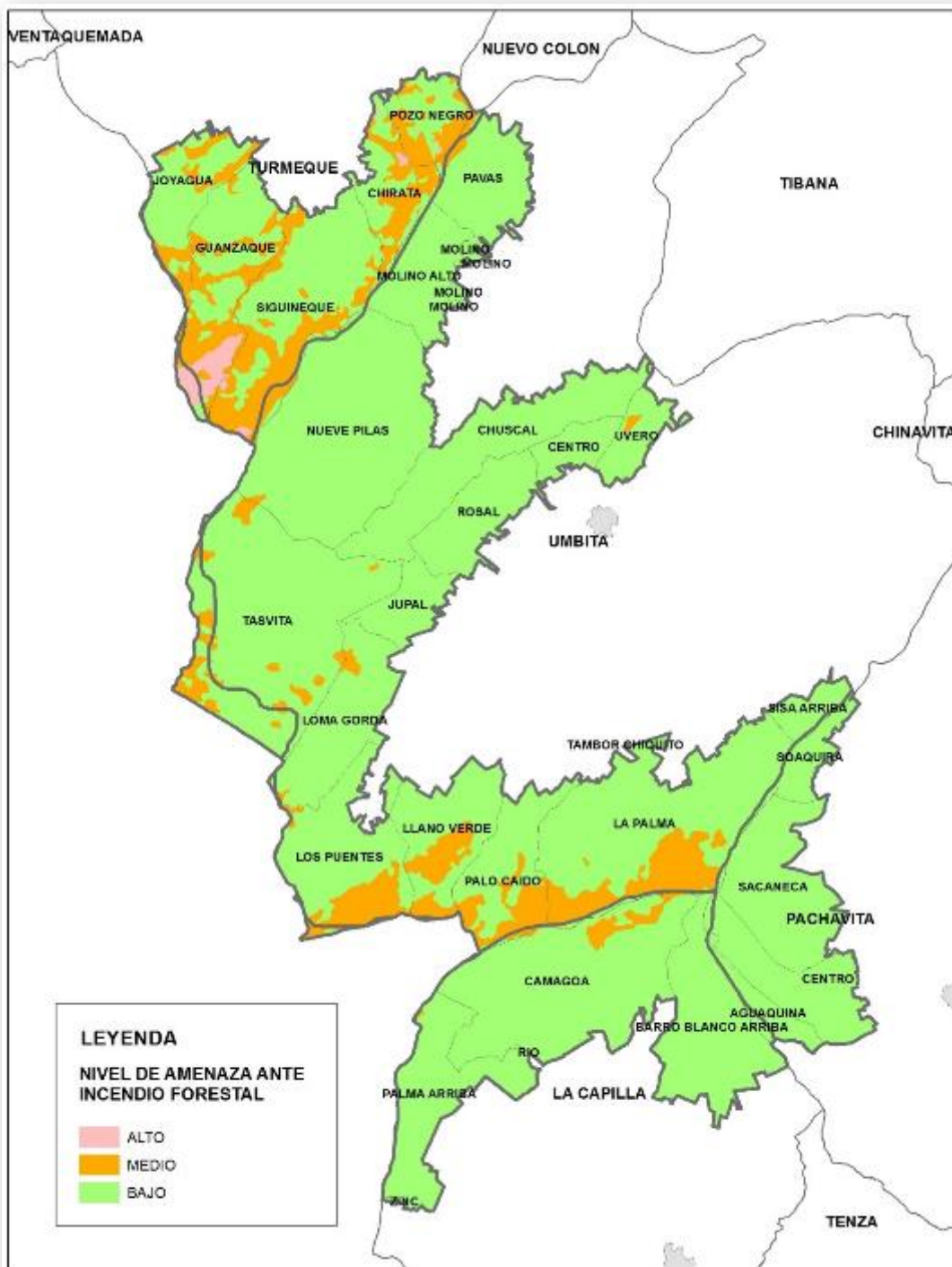
<sup>57</sup> CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004. Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. Identificación de riesgo, amenaza y vulnerabilidad.

<sup>58</sup> CORPOCHIVOR - CORPOBOYACA – CAR y Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Estudios Ambientales. 2004. Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa. Identificación de riesgo, amenaza y vulnerabilidad.

<sup>59</sup> *Ibíd.*

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	

Figura 4. 60. Amenaza ante incendios forestales.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-178



**ACTUALIZACIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL  
PARA DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO (DRMI)  
PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE**



En el área de estudio, amenaza alta presentan la quebrada Tasvita y los afluentes que la conforman, los afluentes de la quebrada EL Barrial y algunos afluentes de la quebrada La Guaya.

En la Figura 4.54 y Mapa 17 del Anexo cartográfico se muestran los niveles de amenaza presentes en el DRMI.

#### **4.1.12.8 Conclusiones**

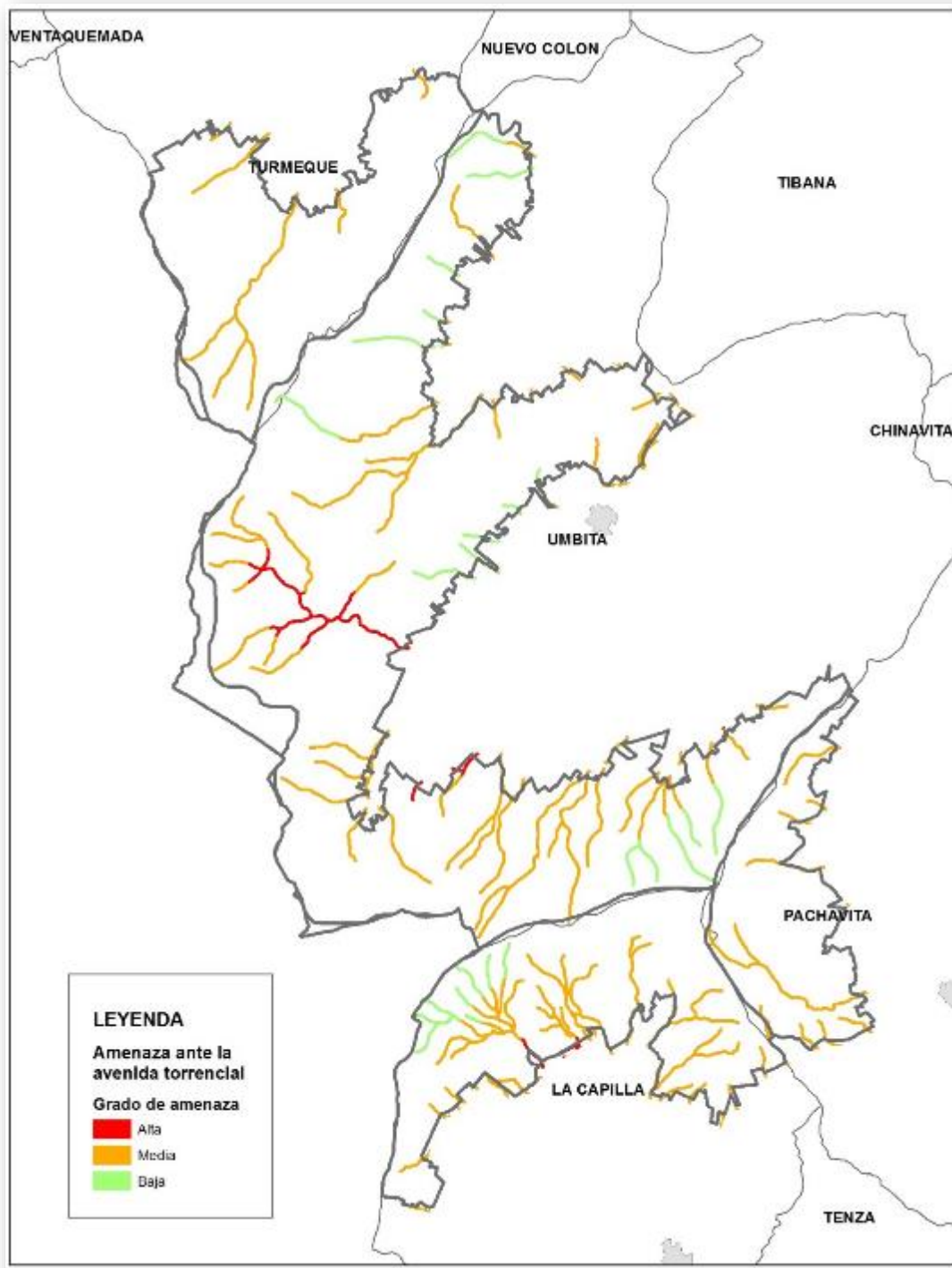
Las condiciones biofísicas del área del DRMI lo hacen muy susceptible a los movimientos en masa y un alto nivel de amenaza sísmica. Por el contrario, las inundaciones plantean muchos menos dificultades en conjunto, si bien el origen torrencial asociado a las altas pendientes y a la influencia del régimen monomodal plantea severas restricciones en lugares específicos como La Capilla (borde externo del DRMI en su costado sur).

Los incendios forestales ameritan una atención especial, dado que la destrucción de la cobertura vegetal puede aumentar alta susceptibilidad intrínseca a los fenómenos de remoción en masa.

Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	Página: 4-179



Figura 4. 61. Amenaza ante las avenidas torrenciales.



Nombre archivo:	Capítulo 04	Elaborado por:	A.G.S. Ltda.	<b>DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>
No. Contrato:	225 de 2012	Revisado y aprobado por:	CORPOCHIVOR	
Fecha:	Diciembre de 2012	Versión:	02	