

Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la  
Meseta de Bucaramanga  
CDMB

**ESTUDIO PARAMO SANTURBAN**

## **2. ENTORNO LOCAL DEL PARAMO**

### **2.2 Componente Fisico**

## **2.2 COMPONENTE FISICO**

### **2.2.1 CLIMA**

Para el análisis climático en el entorno local del paramo de Santurban, se utilizó información secundaria de estudios específicos como:

- Plan de Ordenación de la Cuenca de Tona, que contiene información hasta 1999;
- Datos de las estaciones enlazadas con la CDMB que corresponden a las estaciones Berlín, Neomundo y San Antonio de los años 2005 – 2011;
- Datos del estudio “Estado actual del páramo región nororiental Unidad biogeográfica Santurbán – departamento Norte de Santander Municipios de Villacaro, Chitaga, Cachira, Salazar, Arboledas, Cucutilla, Pamplona, Mutiscua, Cácora y Silos” (2009), que solo cubre el área de CORPONOR;
- Datos del estudio “Caracterización biofísica y socioeconómica de la región del páramo de Santurbán” (2008), Convenio 5517-08 (CDMB) – 0072 (CORPONOR)

Adicionalmente se adquirió información al IDEAM con el objeto de actualizar los registros históricos de los parámetros de precipitación, temperatura, brillo solar, humedad y velocidad del viento en las estaciones que disponían de dicha información a la fecha del año 2011 en jurisdicción de ambas corporaciones; de tal forma que la información adquirida para de las estaciones utilizadas para el análisis climático, se presenta en la tabla 1. Estaciones climatológicas utilizadas en el análisis climático.

Mientras que el análisis de los parámetros de precipitación, la temperatura, la humedad relativa y el brillo solar, se presenta a continuación.

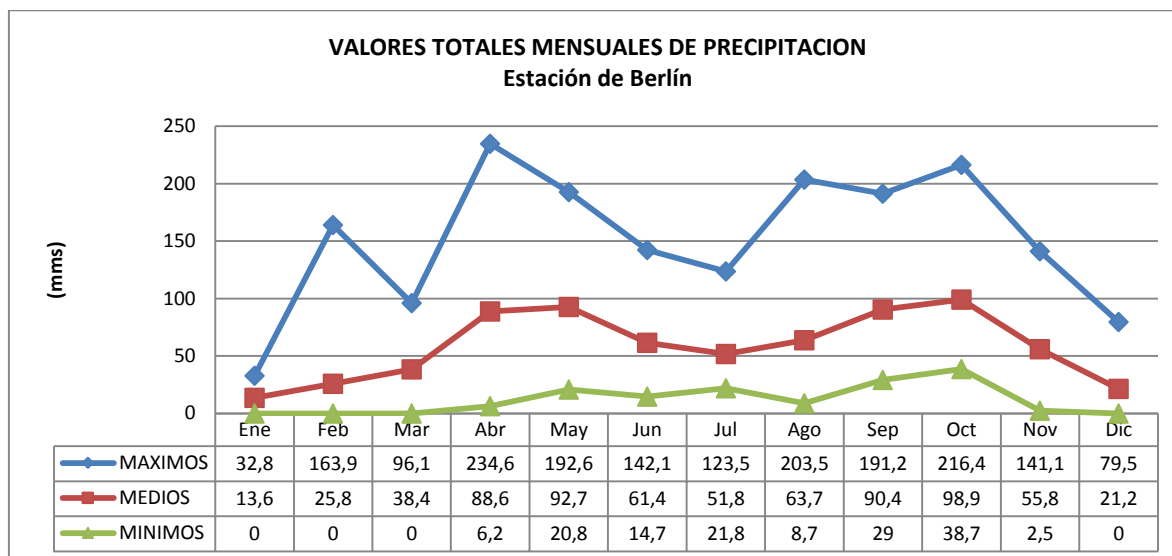
#### **2.2.1.1 PRECIPITACIÓN**

En general el régimen de precipitación de la zona es de carácter bimodal, la primera época de lluvia va desde marzo a junio y la segunda desde septiembre hasta noviembre, siendo esta última la de mayor pluviosidad. El mes de octubre el más lluvioso y junio y julio los más secos. Este comportamiento se puede observar mediante los registros de precipitación en cada una de las estaciones del área de influencia que se registran a continuación en la Figura 1. Distribución precipitación estación de Berlín.

Tabla 1. Estaciones climatológicas utilizadas en el análisis climático

ESTACION	NOMBRE	TIPO EST	FECHA- INSTALACION	COORDENADAS GEOGRAFICAS				CORRIENTE	VALORES MENSUALES MEDIOS DE TEMPERATURA (°C)			VALORES MENSUALES TOTALES DE PRECIPITACION			VALORES MENSUALES TOTALES DE BRILLO SOLAR (Horas)			HUMEDAD RELATIVA (%)			VALORES MENSUALES MEDIOS DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)		
				MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION m.s.n.m		MAX.	MED.	MIN.	MAX.	MED.	MIN.	MAX.	MED.	MIN.	MAX.	MED.	MIN.	MAX.	MED.	MIN.
37015020	Berlin Automatica	CP	1968-MAY	Tona	711 N	7252 W	3214	JORDAN	10,5	8,7	6,8	1817,3	702,3	142,4	2389,2	1735,7	1053	94	86	65			
37015010	Silos	CO	1972-NOV	Silos	712 N	7245 W	2765	CARABA	14,6	12,1	10,8	2209,4	859,4	208,8	1848,6	1239,2	603,5	90	81	55			
23195090	Vivero Surata	CO	1968-SEP	Surata	721 N	7259 W	1725	SURATA	20,4	18,5	17,1												
16015020	Iser Pamplona	AM	1972-ABR	Pamplona	722 N	7238 W	2340	PAMPLONITA	17	15	12,2	2552,7	927,4	175,9	221,4	1508,2	36,1	91	77	66	4,5	1,1	0,1
23195200	CACHIRI	CO	1971-JUN	Surata	728 N	7259 W	1850	CACHIRI	19,4	17,6	15,7	2881,8	1040,6	117,6	2463	1755,2	814,3	94	84	66			
23195180	ESC CACHIRA AGR	CO	1972-MAR	Cachira	744 N	7303 W	1882	CACHIRA	18,7	16,8	14,8	2500,3	973	186	2189,3	1718,3	1117	99	86	72			
16025030	SALAZAR	CP	1973-MAR	Salazar	746 N	7249 W	860	SALAZAR	25,6	22,6	19,6	6540,7	2700,5	262,2	2299	1674	1118	92	79	62			
23195040	UIS	CP	1957-ENE	Bucaramanga	708 N	7307 W	1018	TONA	25	23	20,8	2873,1	1226,2	246,4	2420	1478,5	626,6	91	83	69	2,4	1,7	1,1
23190450	EL POZO	PM	1971-MAR	Vetas	718 N	7252 W	3220	VETAS				2540,6	951,7	86									
37010080	LOS RINCON	PM	1985-FEB	Silos	711 N	7242 W	2650	CHITAGA				2798,4	702,1	72									
37020020	SAN BERNARDO BATA	PM	1973-OCT	Toledo	713 N	7226 W	1045	MARGUA				2857,4	1342,7	157,8									
23190130	TONA	PM	1958-MAY	Tona	711 N	7258 W	1919	TONA				4207,1	1300,9	75									
16020110	LA CALDERA	PM	1978-ENE	Mutiscua	719 N	7243 W	2875	SULASQUILLA				4028,9	1269,1	269									
37010020	CHITAGA	PM	1958-FEB	Chitaga	708 N	7239 W	2410	CHITAGA				3200	1090,9	97									
16020060	BAGUECHE	PM	1973-MAR	Arboledas	735 N	7255 W	1750	ARBOLEDAS				8407	2476,1	299									
23190140	EL PLAYON	PM	1958-MAY	EL PLAYON	727 N	7312 W	500	PLAYONERO				5187,6	1975,3	407									
23190360	PORTACHUELO	PM	1967-OCT	Rio Negro	719 N	7309 W	800	NEGRO				5059,7	2142,4	381,2									
23190510	EL CAOBO	PM	1971-JUN	La esperanza	735 N	7319 W	300	CACHIRA				6114	2341,6	513,4									
23190540	LA VEGA	PM	1976-AGO	Cachira	739 N	7310 W	710	CACHIRA				4957,2	1731	281,3									
16020050	ARBOLEDAS	PM	1958-MAY	Arboledas	738 N	7247 W	925	ARBOLEDAS				5205,5	1854,9	85									
16010110	MANZANARES	PM	1990-SEP	Chinacota	736 N	7235 W	1350	PAMPLONITA				3811,6	1498	335,5									
23190300	EL PICACHO	PM	1967-JUL	Tona	706 N	7257 W	3310	TONA				4071,3	1598,1	308,2									
37010040	PRESIDENTE	PM	1972-OCT	CHITAGA	700 N	7240 W	3320	QDA PALCHITO				3672	1488,5	199,5									
16020010	GRAMALOTE	PM	1958-MAR	GRAMALOTE	753 N	7247 W	1020	PERALONSO				5008	1664,9	170,3									
16030090	VILLA CARO	PM	1973-AGO	VILLA CARO	754 N	7258 W	1490	LA GUAYABERA				4059	1110,2	53									

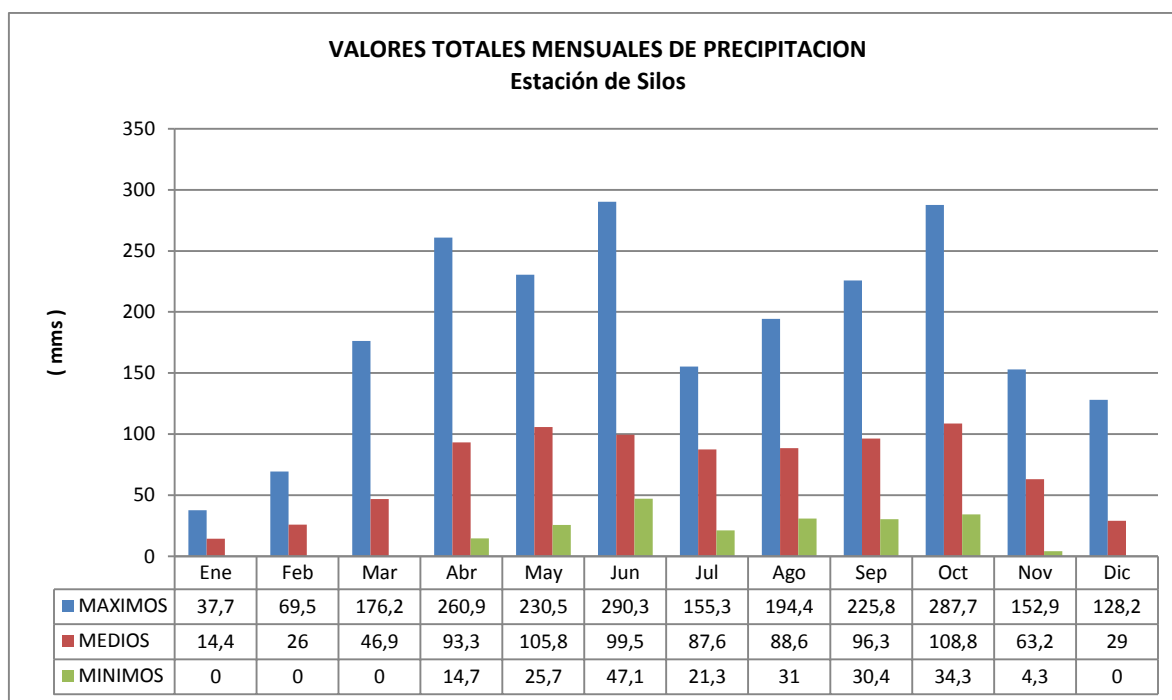
Figura 1. Distribución precipitación estación de Berlin



Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de Berlin corresponden a los registros desde 1972 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, mayo y septiembre, los de menor diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 702,3 mm

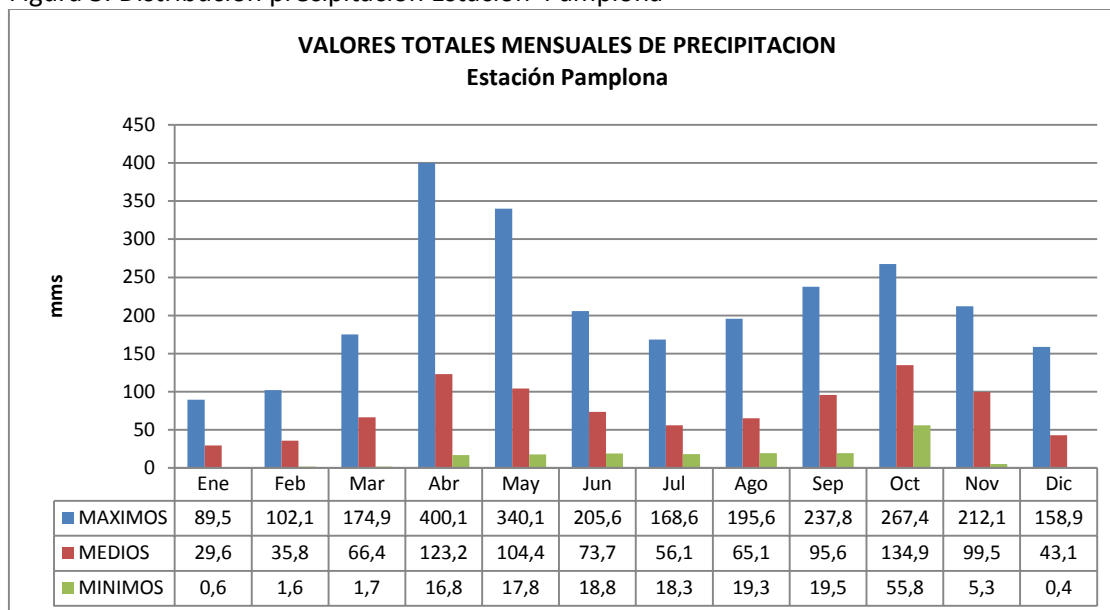
Figura 2. Distribución precipitación Estación Silos



Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de Silos corresponden a los registros desde 1973 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, mayo, junio y octubre, los de menor diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 859,4 mm

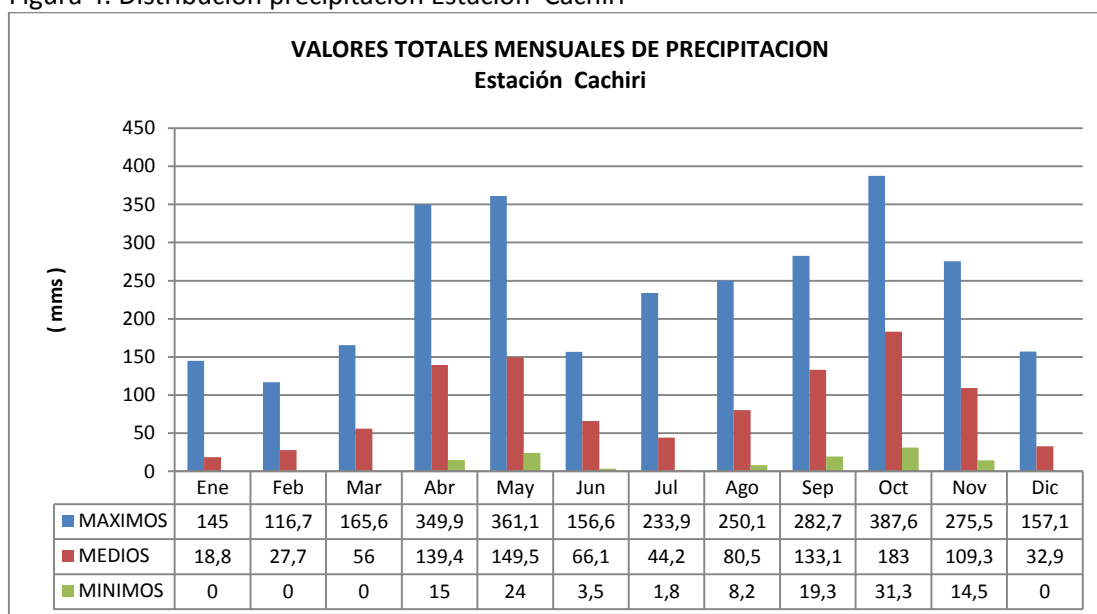
Figura 3. Distribución precipitación Estación Pamplona



Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de Pamplona corresponden a los registros desde 1972 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, mayo, y octubre, los de menor diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 927,4 mm

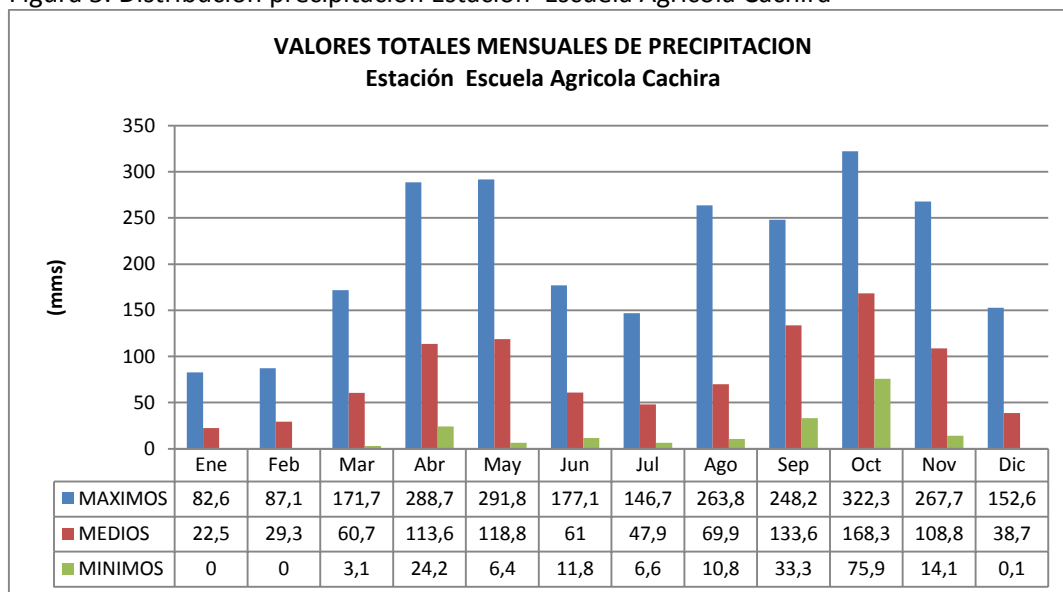
Figura 4. Distribución precipitación Estación Cachiri



Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de Cachiri corresponden a los registros desde 1972 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, mayo y octubre, los meses de menor precipitación son diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 1040,6 mm

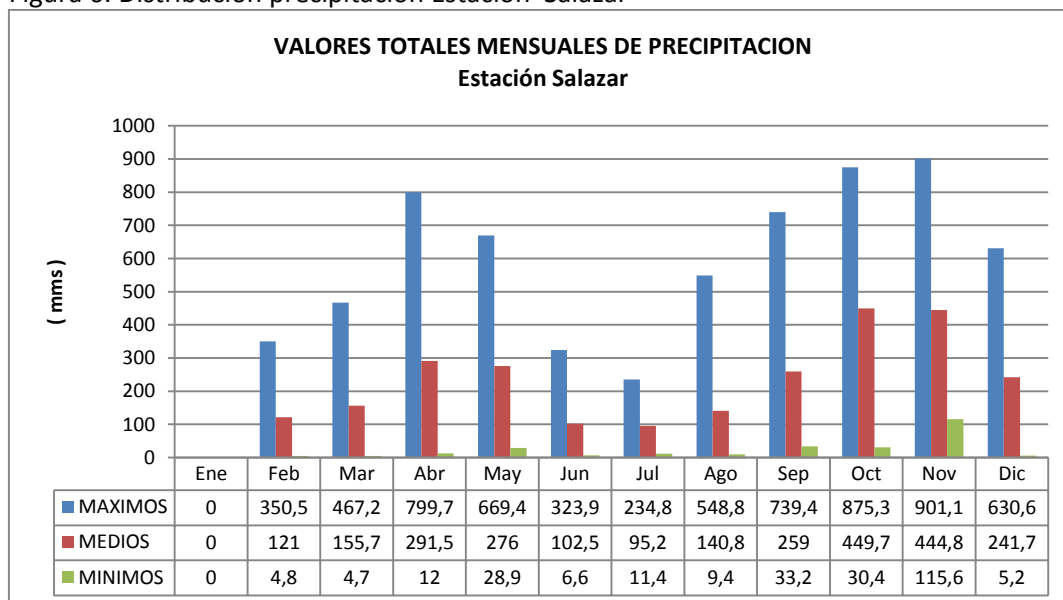
Figura 5. Distribución precipitación Estación Escuela Agrícola Cachira



Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de Escuela agrícola cachira corresponden a los registros desde 1972 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, mayo y octubre, los meses de menor precipitación son diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 973 mm.

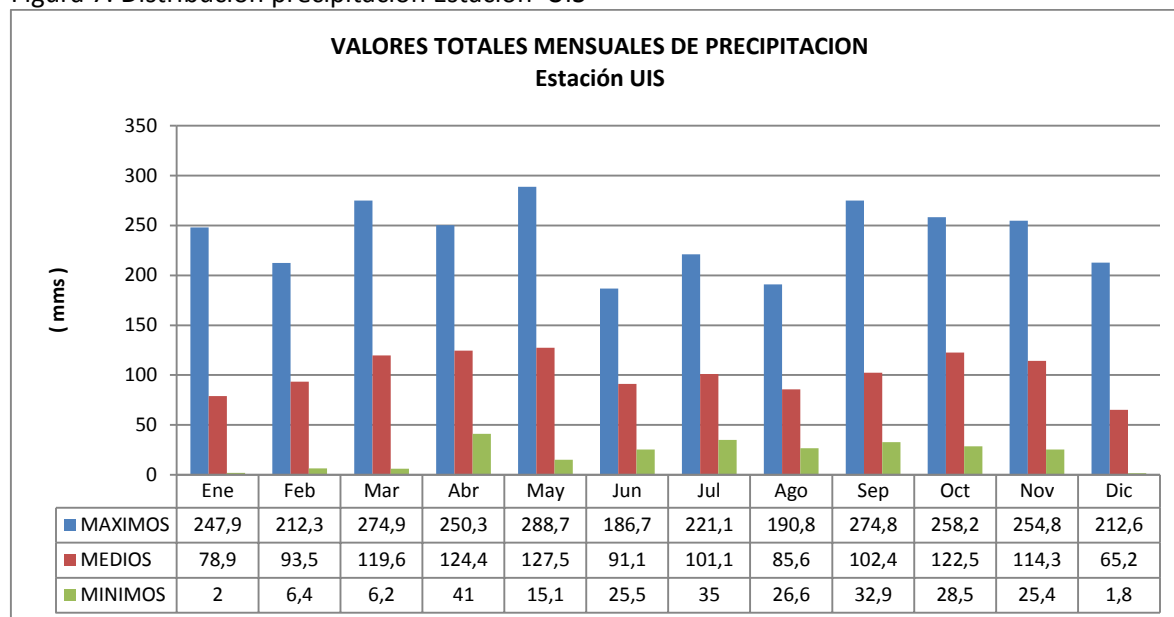
Figura 6. Distribución precipitación Estación Salazar



Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de Salazar corresponden a los registros desde 2003 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, mayo y octubre, los meses de menor precipitación son diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 2700,5 mm.

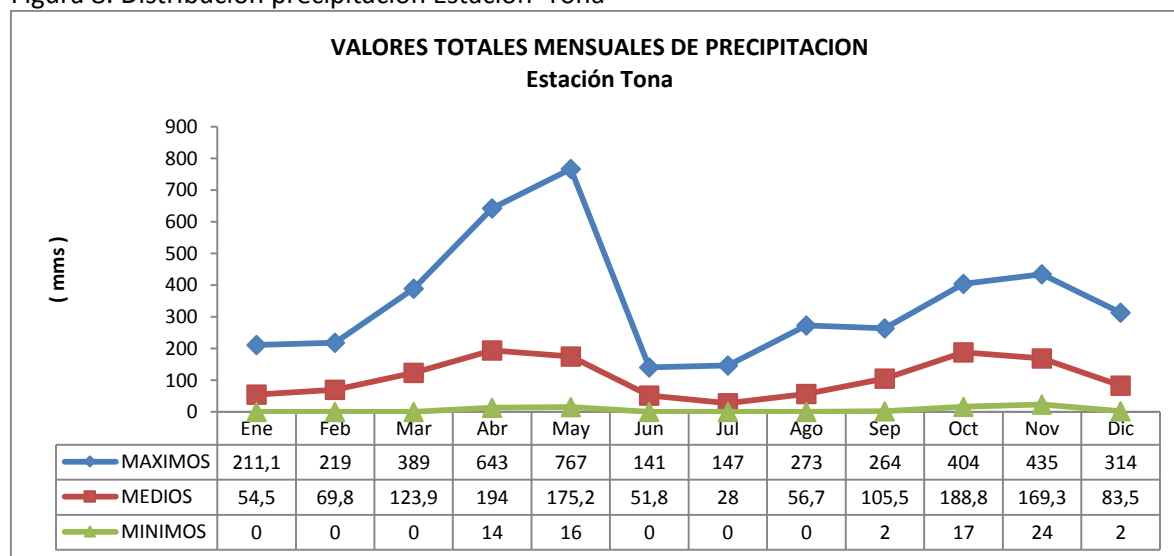
Figura 7. Distribución precipitación Estación UIS



Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de la UIS corresponden a los registros desde 1957 a 2003; los meses de mayor precipitación son abril, mayo y octubre, los meses de menor precipitación son diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 1226,2 mm.

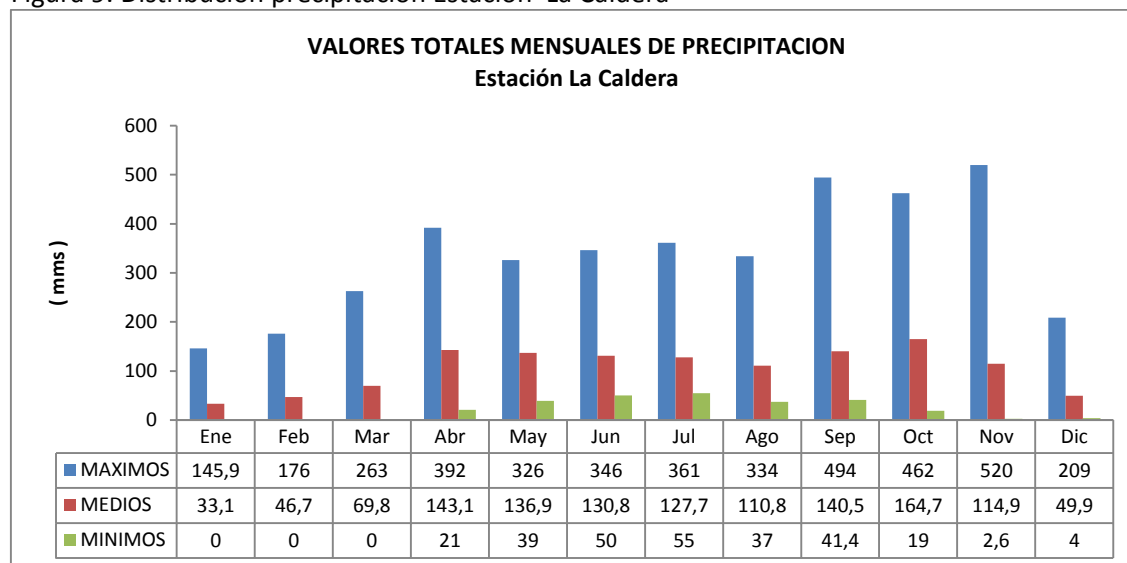
Figura 8. Distribución precipitación Estación Tona



Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de Tona, corresponden a los registros desde 1958 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, mayo y octubre, los meses de menor precipitación son diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 1300,9 mm

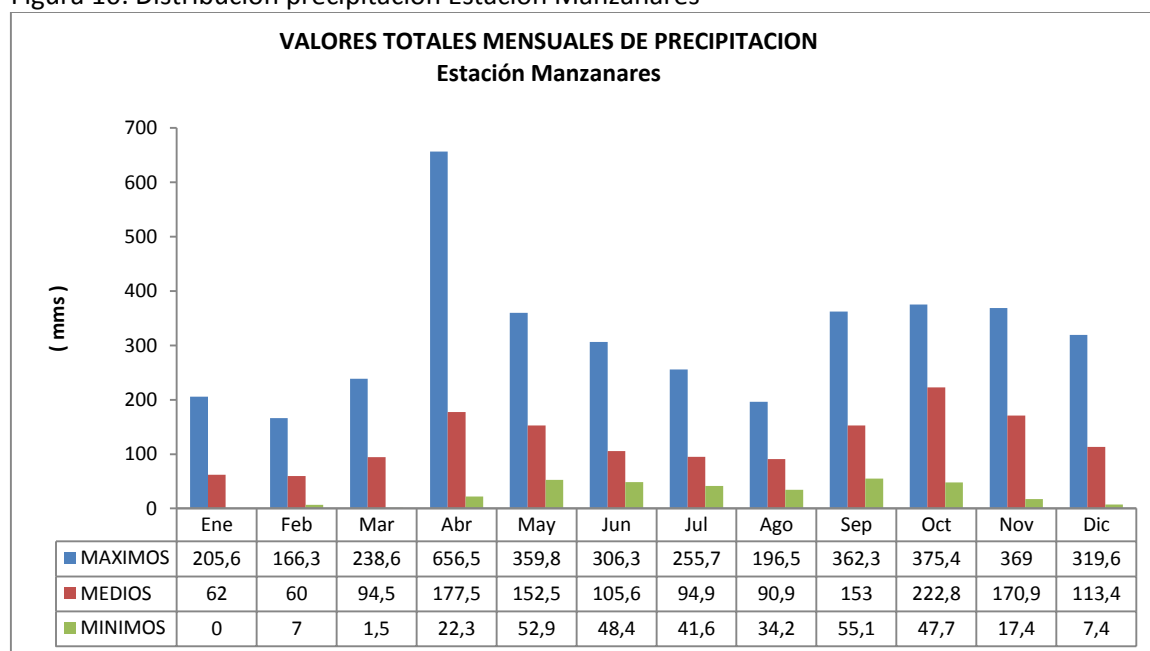
Figura 9. Distribución precipitación Estación La Caldera



Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de La Caldera corresponden a los registros desde 1978 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, y octubre, los meses de menor precipitación son diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 1269,1 mm

Figura 10. Distribución precipitación Estación Manzanares

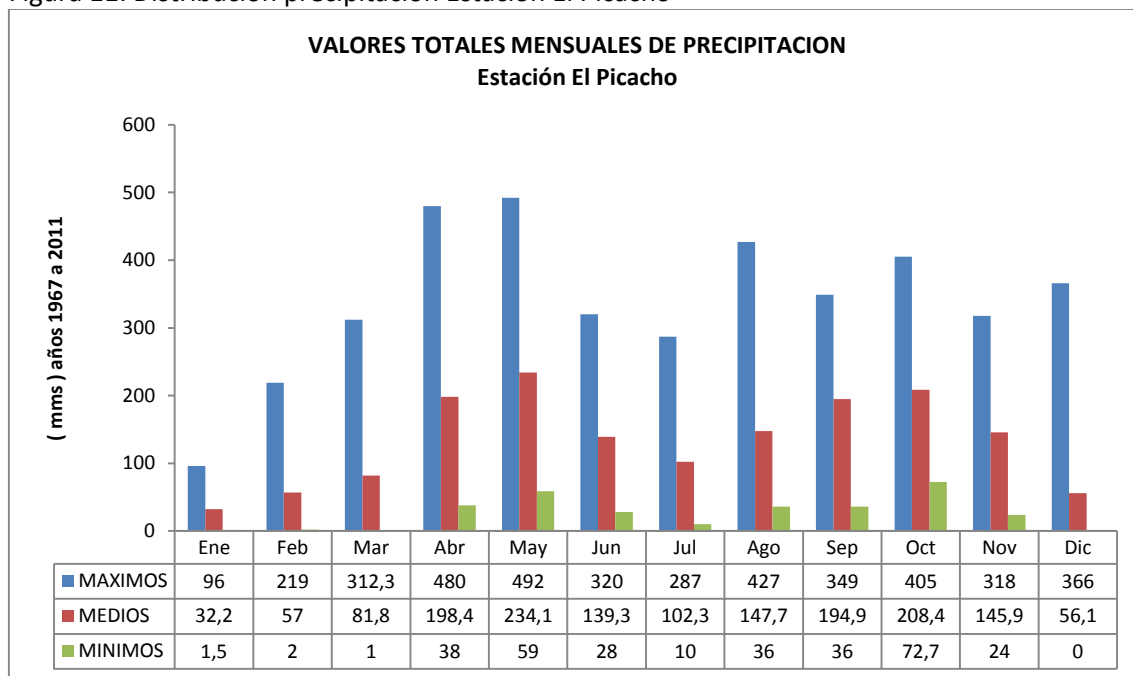


Fuente: IDEAM 2011



Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de La Caldera corresponden a los registros desde 1990 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, y octubre, los meses de menor precipitación son diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 1498 mm.

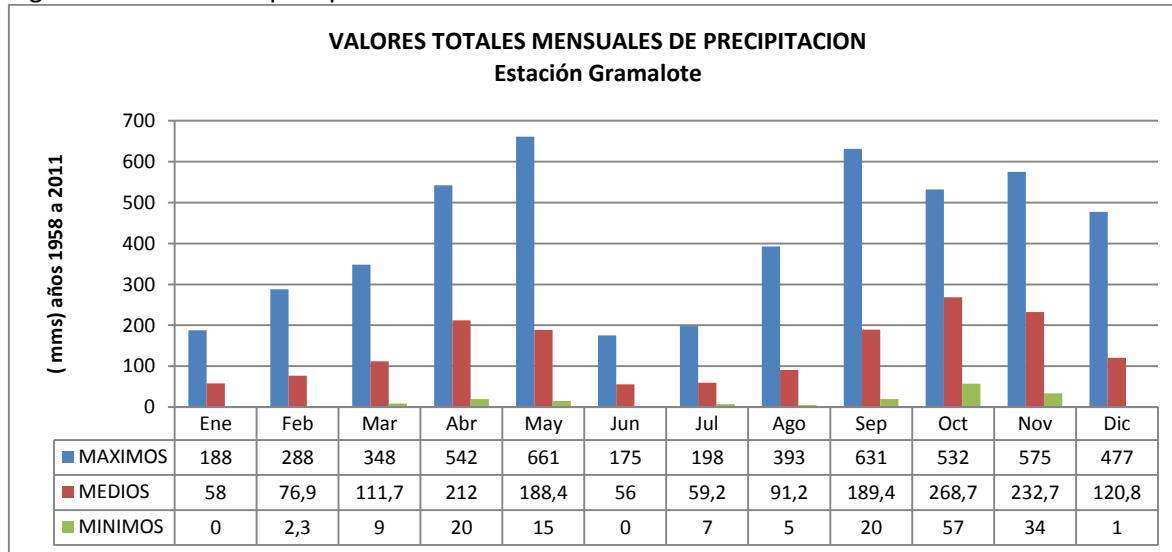
Figura 11. Distribución precipitación Estación El Picacho



Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de El Picacho corresponden a los registros desde 1990 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, y octubre, los meses de menor precipitación son diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 1598 mm.

Figura 12 Distribución precipitación Estación Gramalote

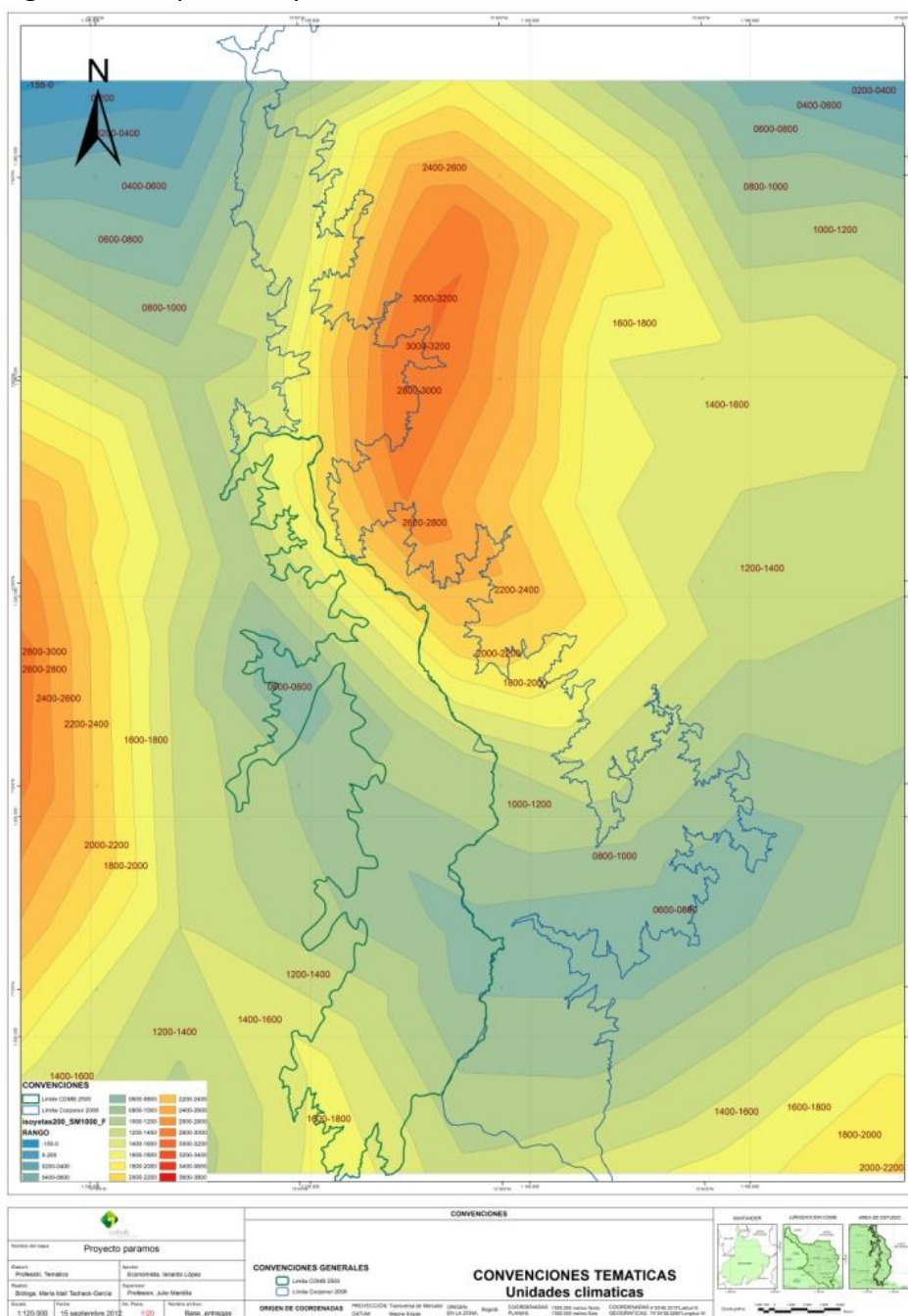


Fuente: IDEAM 2011

Los valores totales mensuales de precipitación para la estación de Gramalote corresponden a los registros desde 1958 a 2011; los meses de mayor precipitación son abril, y octubre, los meses de menor precipitación son diciembre y enero. El valor anual medio de la estación es de 1664 mm.

Con base en la información multianual de las estaciones pluviométricas y climatológicas del área se espacializó la información de precipitación para el área de estudio presentada en la Figura 13.

Figura 13. Mapa de Isoyetas.

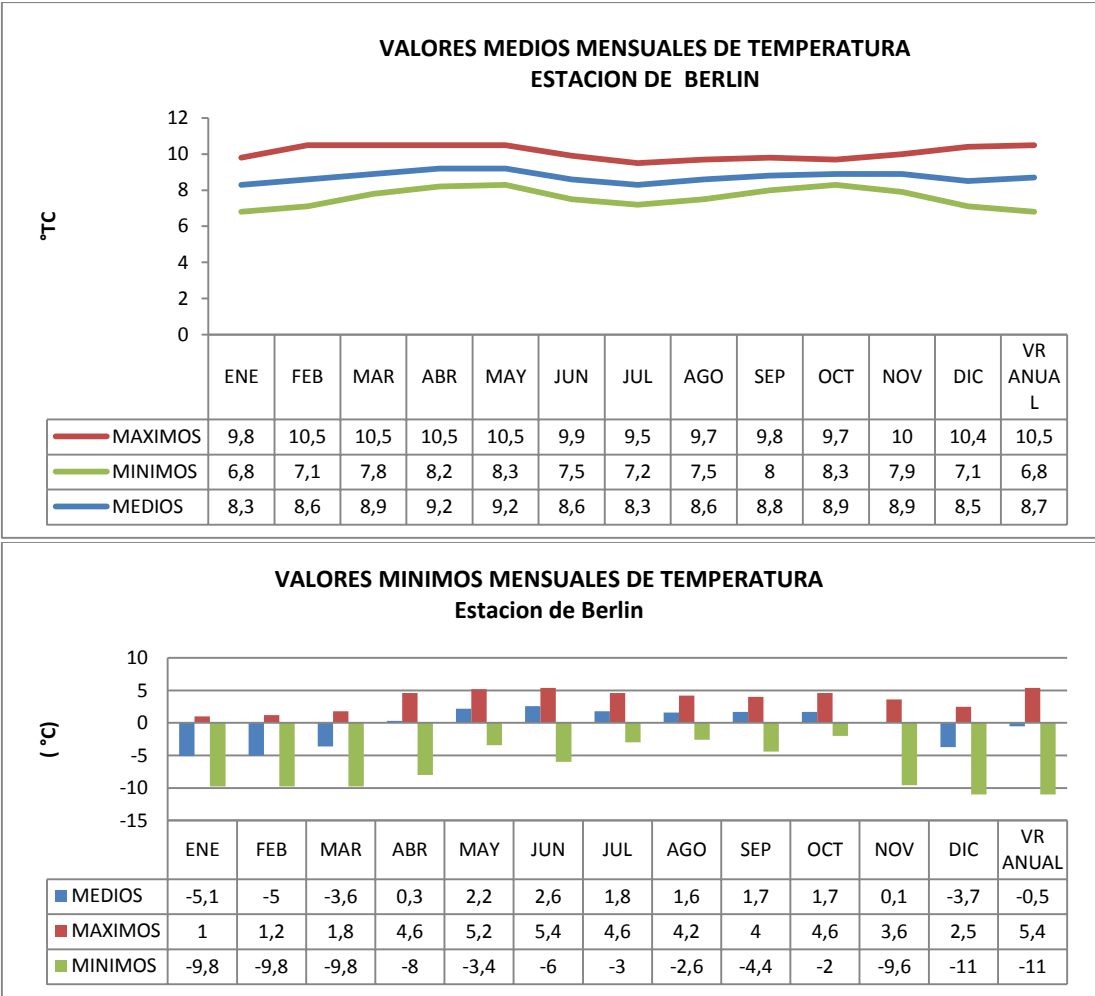


Al nororiente del paramo de Santurban, en jurisdicción de CORPONOR, se localiza la zona de más alta precipitación con valores superiores a los 2200 mm/año. Las condiciones geográficas, promueven la formación de frentes húmedos y la cobertura vegetal existente, favorece las precipitaciones altas en este sector, constituyéndose una de las zonas de mayor importancia estratégica como fuente de abastecimiento de acueductos para el nororiente colombiano. Hacia el sur, en el Páramo de Berlín, la precipitación disminuye gradualmente con valores entre 600 y 1000 mm/año.

### 2.2.1.2 TEMPERATURA

En general el régimen de temperatura de la zona incluye el piso frio, entre los 2000msnm y los 3000 msnm donde la temperatura media anual es de 10 a 12 °C, y el piso paramuno entre los 3000 y 4000 msnm, con temperatura media anual inferior a 8 °C. Los meses con mayores temperaturas medias están entre mayo y julio, y el de menor temperatura media entre octubre y noviembre. Los valores de temperatura registrados por las diferentes estaciones del área se presentan a continuación.

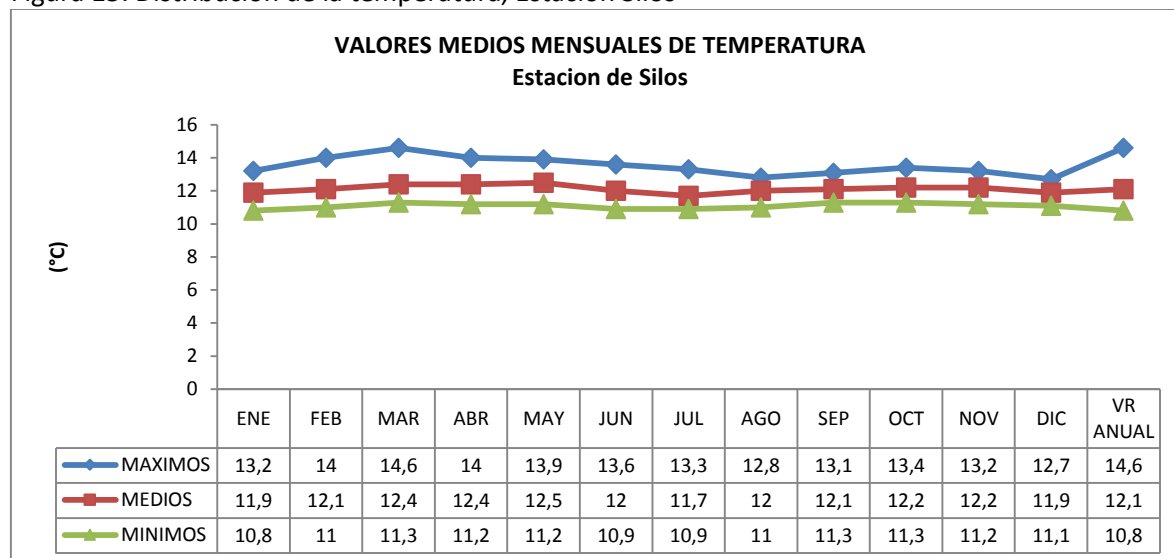
Figura 14. Distribucion de la temperatura, Estacion Berlin



Fuente: IDEAM 2011

Para la estación de Berlin, los valores medios de temperatura corresponden a los 8,7 °C, mientras los valores mínimos se aproximan a -11°C de temperatura.

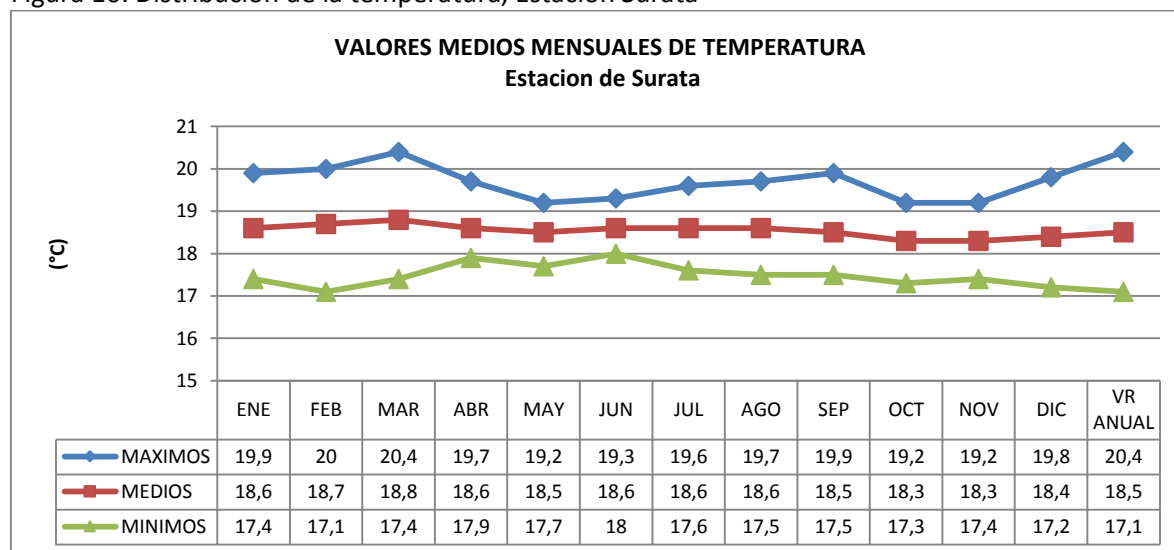
Figura 15. Distribucion de la temperatura, Estacion Silos



Fuente: IDEAM 2011

Para la estación de Silos, los valores medios de temperatura corresponden a los 12 °C.

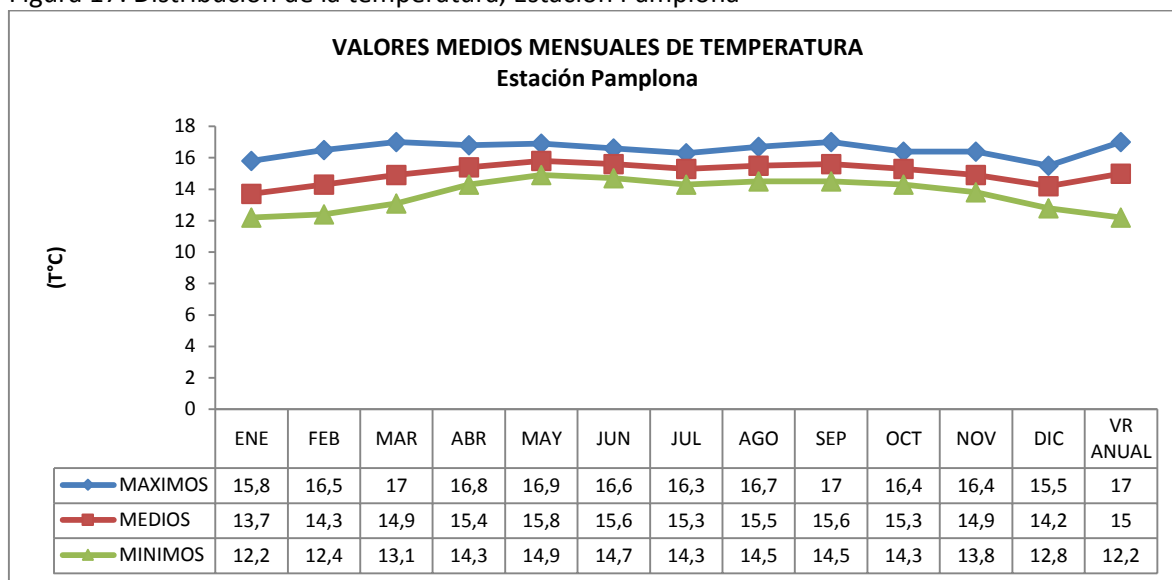
Figura 16. Distribucion de la temperatura, Estacion Surata



Fuente: IDEAM 2011

Para la estación de Surata, los valores medios de temperatura corresponden a los 18 °C.

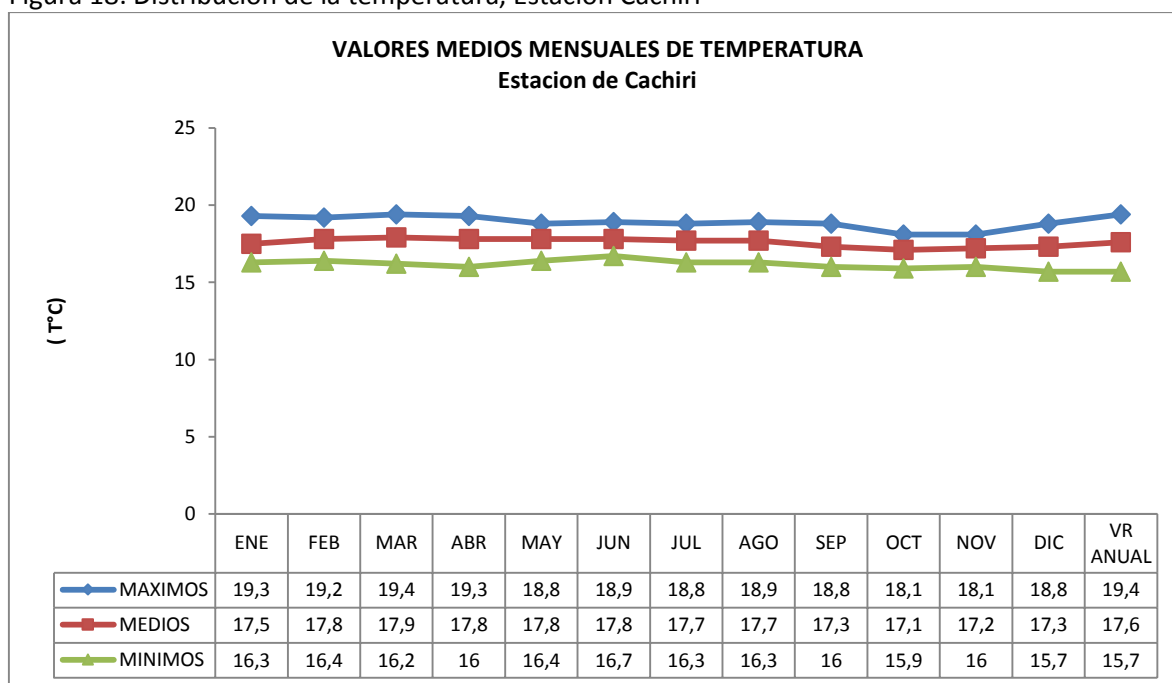
Figura 17. Distribucion de la temperatura, Estacion Pamplona



Fuente: IDEAM 2011

Para la estación de Pamplona, los valores medios de temperatura corresponden a los 15 °C.

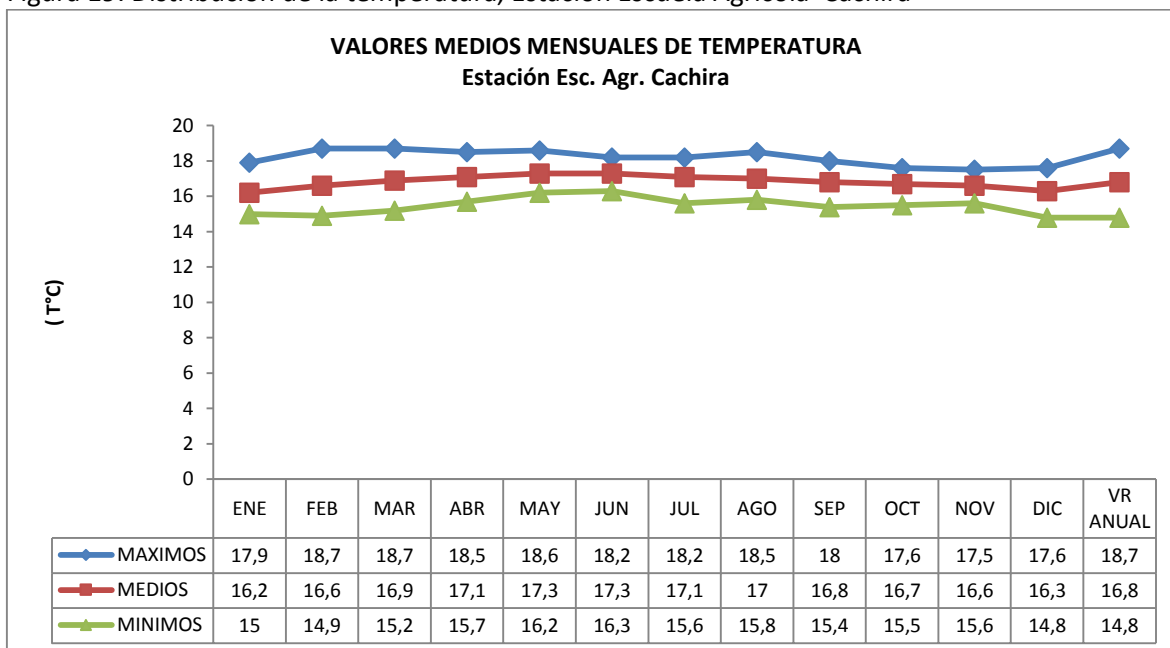
Figura 18. Distribucion de la temperatura, Estacion Cachiri



Fuente: IDEAM 2011

Para la estación de Cachiri, los valores medios de temperatura corresponden a los 15 °C.

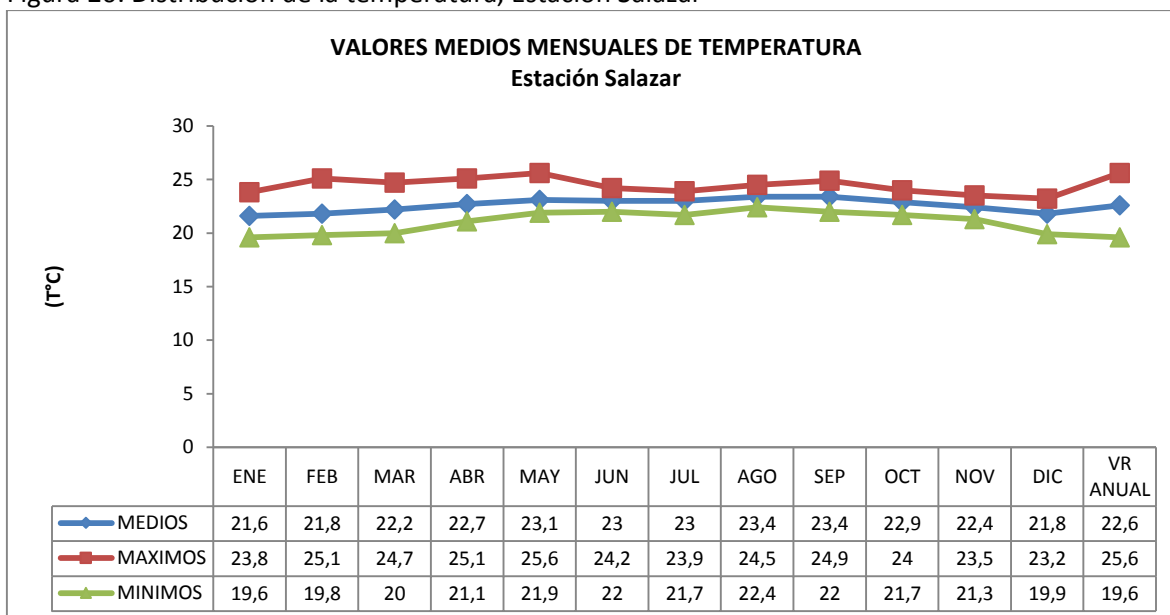
Figura 19. Distribucion de la temperatura, Estacion Escuela Agricola Cachira



Fuente: IDEAM 2011

Para la estación Escuela Agrícola de Cachira, los valores medios de temperatura corresponden a los 15 °C.

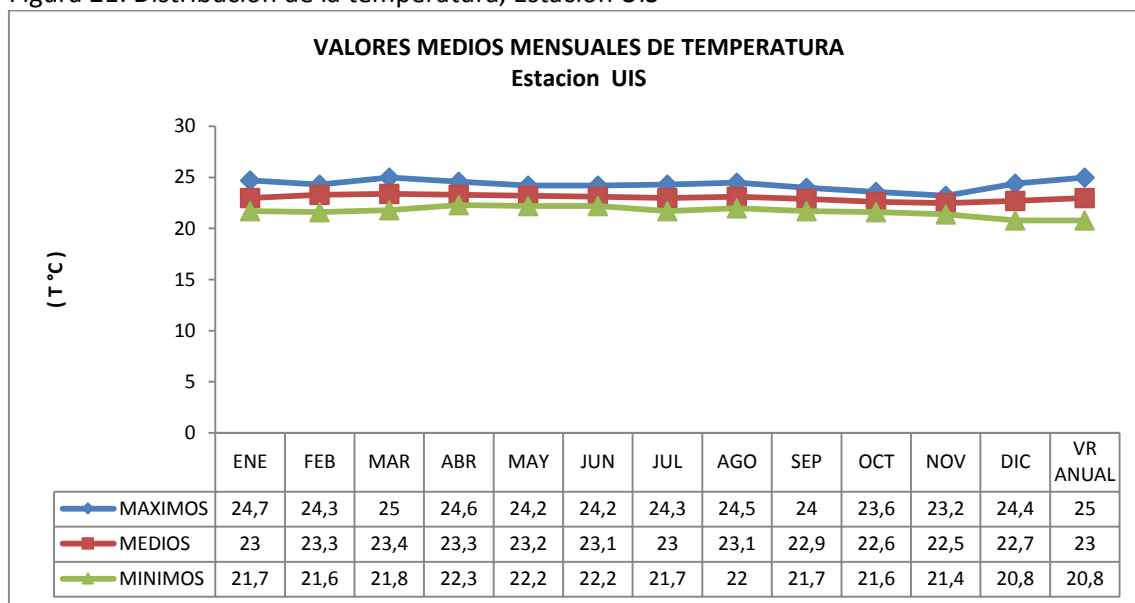
Figura 20. Distribucion de la temperatura, Estacion Salazar



Fuente: IDEAM 2011

Para la estación Salazar, los valores medios de temperatura corresponden a los 22°C.

Figura 21. Distribucion de la temperatura, Estacion UIS



Fuente: IDEAM 2011

Para la estación UIS, los valores medios de temperatura corresponden a los 23°C.

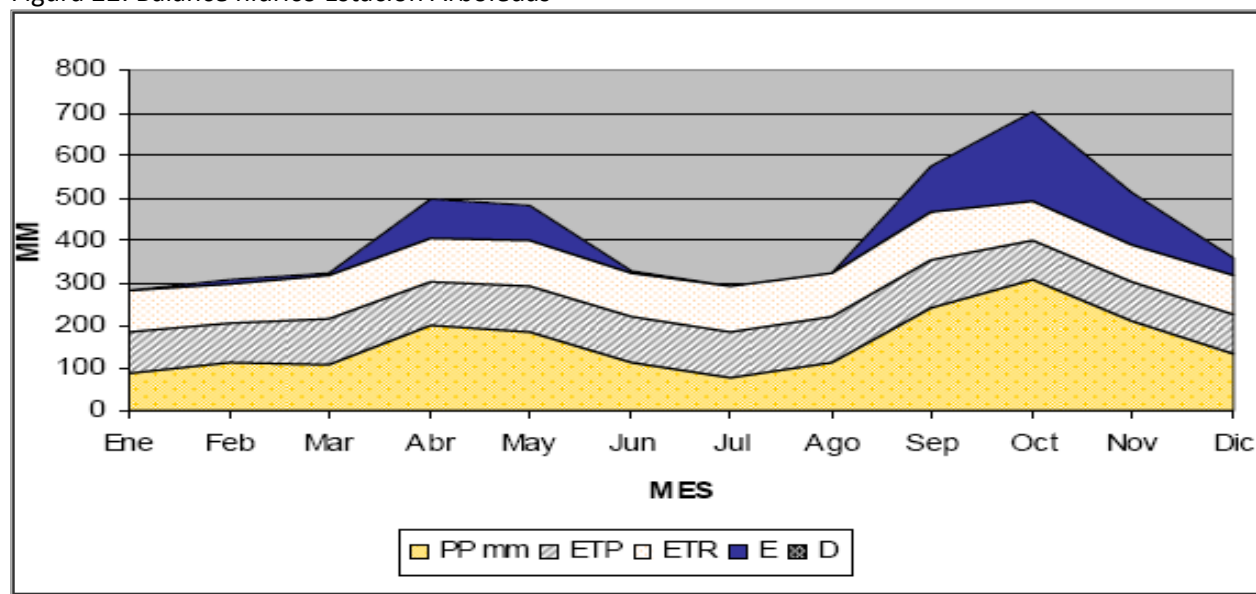
### 2.2.1.3 BALANCE HÍDRICO CLIMÁTICO

Los datos que se muestran a continuación Tablas 2 a 6 y figuras 22 a 25) corresponden al balance hídrico elaborado por CORPONOR-FUNCAC (2007), para la subregión con base en la información de las Estaciones de Arboledas, La Caldera, Vetas el Pozo, ESC Cáchira y Cachirí.

Tabla 2. Datos estación Arboledas

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
T oC	23,7	23,9	24,0	23,9	23,7	23,7	23,6	23,7	24,5	23,1	23,2	23,5	23,7
P mm	87,3	112,3	110,0	197,6	186,2	112,4	77,9	112,9	242,9	305,5	212,7	132,6	1890,1
ETP	96,4	91,5	104,7	104,1	107,7	105,9	107,4	105,9	110,6	92,4	88,8	92,7	1208,2
P-ETP	9,2	20,8	5,2	93,5	78,4	6,5	29,5	7,0	132,3	213,1	123,9	39,9	213,1
Ai calc.	90,8	111,6	105,2	193,5	178,4	106,5	70,5	77,5	209,8	313,1	223,9	139,9	
A	90,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	70,5	77,5	100,0	100,0	100,0	100,0	
delta A	-9,2	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-29,5	7,0	22,5	0,0	0,0	0,0	
E	0,0	11,6	5,2	93,5	78,4	6,5	0,0	0,0	109,8	213,1	123,9	39,9	681,9
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	96,4	91,5	104,7	104,1	107,7	105,9	107,4	105,9	110,6	92,4	88,8	92,7	1208,2
RH	-0,1	0,2	0,0	0,9	0,7	0,1	-0,3	0,1	1,2	2,3	1,4	0,4	
A	ÍNDICE DE HUMEDAD (Ih)					ÍNDICE DE ARIDEZ (Ia)			FACTOR DE HUMEDAD (Fh)				
2,89	56,45					0,00			56,45				
P+D	1890,1					Ep+E			1890,1				
TIPO DE CLIMA	DEFICIENCIA DE AGUA					CLIMA			SÍMBOLO				
MODERADAMENTE HÚMEDO	POCA O NINGUNA					MEGATERMAL			B 2 r B´4				

Figura 22. Balance hídrico Estación Arboledas



Fuente: CORPONOR-FUNCAC (2007)

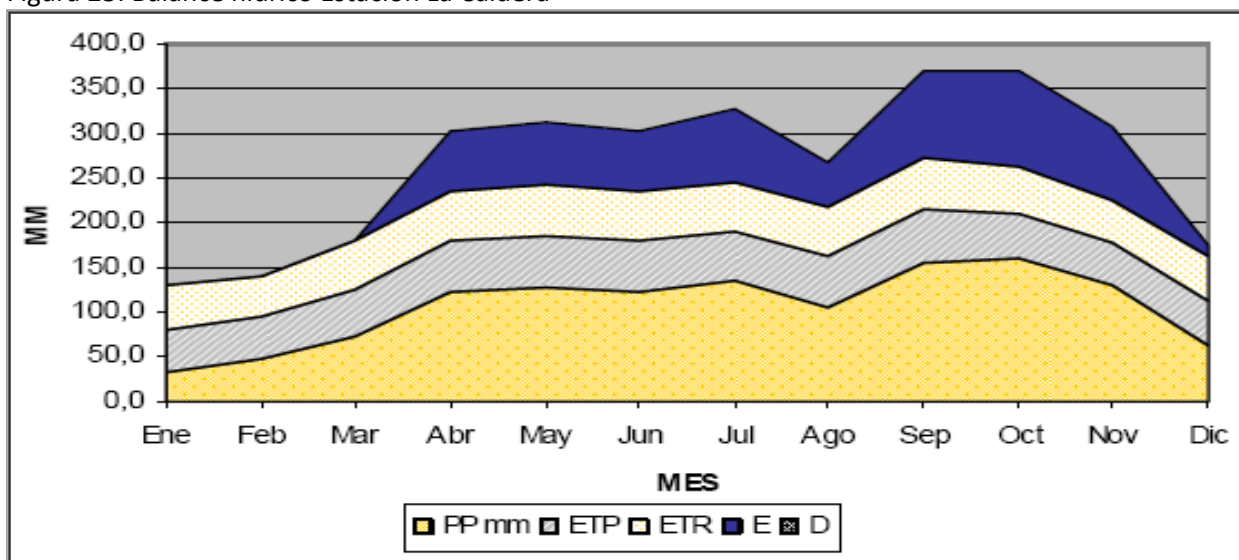
Tabla 3. Datos estación La caldera

6	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
T <sub>a</sub>	11,6	11,8	12,1	12,4	12,2	12,0	11,5	11,8	13,0	11,6	11,7	11,8	12,0
P	31,4	48,0	71,6	123,1	126,7	123,5	135,8	106,2	155,2	159,9	128,8	62,6	1272,8
ET <sub>p</sub>	49,2	46,5	54,2	56,1	58,4	56,2	54,9	55,1	58,7	50,7	48,6	49,5	638,1
P <sub>-ET<sub>p</sub></sub>	17,8	1,5	17,4	67,0	68,4	67,3	80,9	51,0	96,5	109,3	80,2	13,1	109,3
Ai	82,2	83,7	101,1	167,0	168,4	167,3	180,9	151,0	196,5	209,3	180,2	113,1	
A	82,2	83,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
delt <sub>a</sub>	-17,8	1,5	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
E	0,0	0,0	1,1	67,0	68,4	67,3	80,9	51,0	96,5	109,3	80,2	13,1	634,7
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ET <sub>a</sub>	49,2	46,5	54,2	56,1	58,4	56,2	54,9	55,1	58,7	50,7	48,6	49,5	638,1
RH	-0,4	0,0	0,3	1,2	1,2	1,2	1,5	0,9	1,6	2,2	1,7	0,3	
A	ÍNDICE DE HUMEDAD (Ih)					ÍNDICE DE ARIDEZ (Ia)				FACTOR DE HUMEDAD (Fh)			
1,20	99,47					0,00				99,47			
P+D	1272,8316					Ep+E				1272,83158			
TIPO DE CLIMA				DEFICIENCIA DE AGUA				CLIMA				SÍMBOLO	
MUY HÚMEDO				POCA O NINGUNA				MESOTERMAL				B 4 r B´ 1	

Fuente: CORPONOR-FUNCAC (2007)



Figura 23. Balance hídrico Estación La Caldera



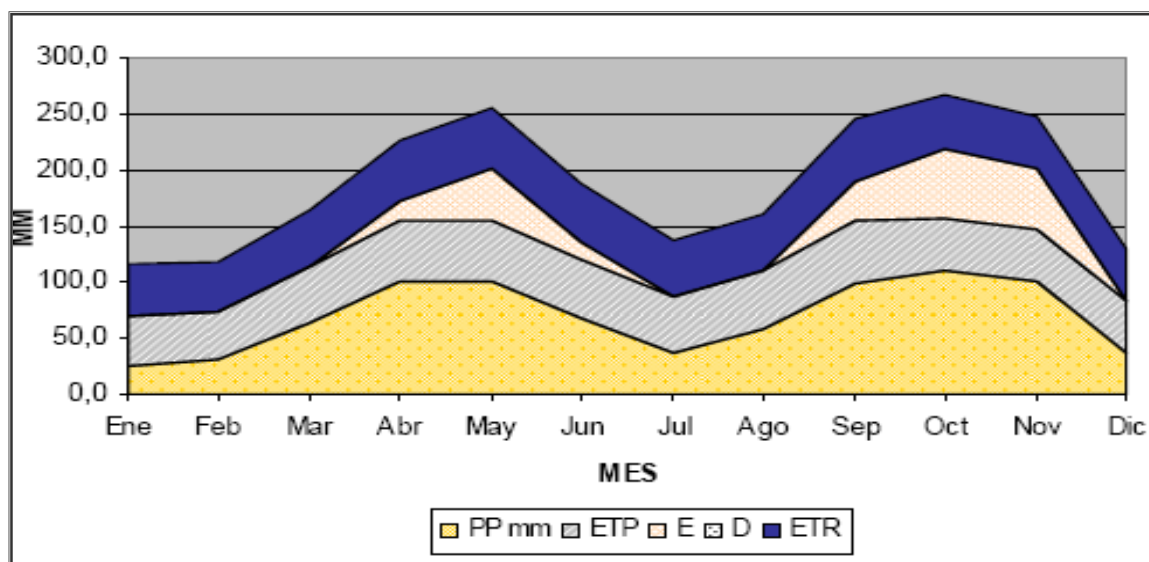
Fuente: CORPONOR-FUNCAC (2007)

Tabla 4. Datos estación Vetas El Pozo

	En e	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
T oC	9,5	9,7	10	10,3	10,1	9,9	9,4	9,7	11	9,6	9,7	9,7	9,9
P mm	24,	31,1	63	101,5	100,3	67,5	36,2	58,3	99,3	109,5	100,7	37,5	829,6
ETP	45,	43,3	50,7	53	55	52,8	51	51,5	55,4	47,7	45,7	46,4	598,4
P-ETP	21,	12,3	12,3	48,6	45,3	14,7	14,8	6,7	43,8	61,8	55	8,9	61,8
Ai	70	57,8	70,1	118,6	145,3	114,7	85,2	91,9	135,7	161,8	155	91,1	
A	70	57,8	70,1	100	100	100	85,2	91,9	100	100	100	91,1	
delta	-	-12,3	12,3	29,9	0	0	-14,8	6,7	8,1	0	0	-8,9	
E	0	0	0	18,6	45,3	14,7	0	0	35,7	61,8	55	0	231,3
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETR	45,	43,3	50,7	53	55	52,8	51	51,5	55,4	47,7	45,7	46,4	598,4
RH	-	-0,3	0,2	0,9	0,8	0,3	-0,3	0,1	0,8	1,3	1,2	-0,2	
A	ÍNDICE DE HUMEDAD (Ih)					ÍNDICE DE ARIDEZ (Ia)			FACTOR DE HUMEDAD (Fh)				
	1,03					0,00			38,65				
P+D	829,63158					Ep+E			829,631579				
TIPO DE CLIMA				DEFICIENCIA DE AGUA				CLIMA			SÍMBOLO		
LIGERAMENTE HÚMEDO				POCA O NINGUNA				MESOTERMAL			B 1 r B´ 1		

Fuente: CORPONOR-FUNCAC (2007)

Figura 24. Balance hídrico Estación Vetás el Pozo



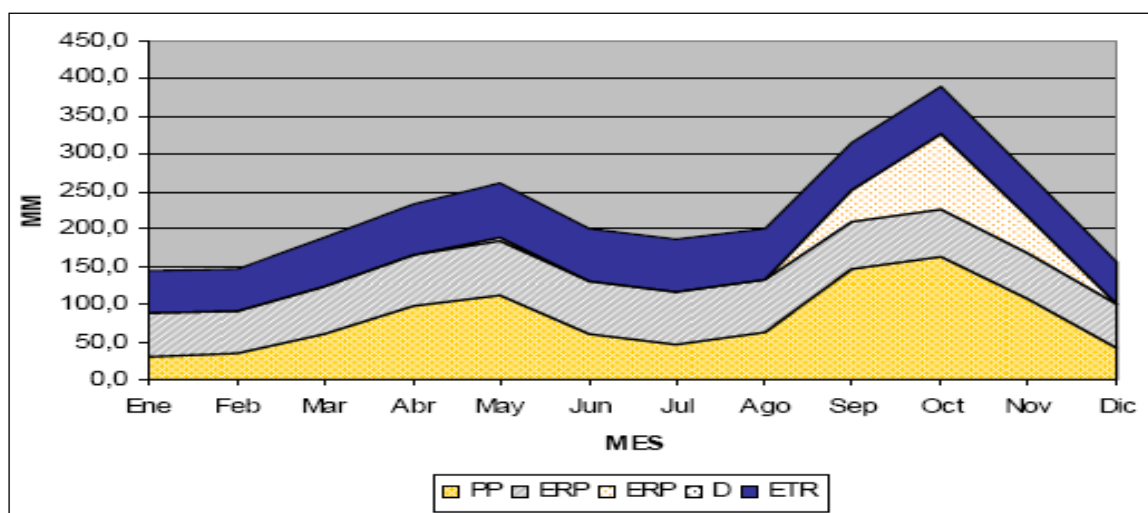
Fuente: CORPONOR-FUNCAC (2007)

Tabla 5. Datos estación Escuela Agrícola Cachira

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
T oC	16,2	16,6	16,9	17,2	17,5	17,4	17,1	17,1	16,8	16,8	16,7	16,4	16,9
P mm	30,7	36,0	59,8	98,1	112,0	59,5	46,0	63,0	147,0	163,7	108,1	41,6	965,5
ETP	57,0	55,2	64,4	67,0	73,0	71,0	70,8	68,9	63,1	62,5	58,8	57,6	769,5
P-ETP	26,3	19,2	4,6	31,1	39,0	11,5	24,8	5,9	83,9	101,2	49,3	16,0	101,2
Ai calc.	57,6	38,4	33,8	64,9	103,9	88,5	63,7	57,8	141,7	201,2	149,3	84,0	
A	57,6	38,4	33,8	64,9	100,0	88,5	63,7	57,8	100,0	100,0	100,0	84,0	
delta A	-26,3	-19,2	-4,6	31,1	35,1	-11,5	-24,8	-5,9	42,2	0,0	0,0	-16,0	
E	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	41,7	101,2	49,3	0,0	196,0
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ETR	57,0	55,2	64,4	67,0	73,0	71,0	70,8	68,9	63,1	62,5	58,8	57,6	769,5
RH	-0,5	-0,3	-0,1	0,5	0,5	-0,2	-0,4	-0,1	1,3	1,6	0,8	-0,3	
A	ÍNDICE DE HUMEDAD (Ih)				ÍNDICE DE ARIDEZ (Ia)				FACTOR DE HUMEDAD (Fh)				
	1,70				25,47				0,00				25,47
P+D	965,5				Ep+E				965,5				
TIPO DE CLIMA				DEFICIENCIA DE AGUA				CLIMA				SÍMBOLO	
LIGERAMENTE HÚMEDO				POCA O NINGUNA				MESOTERMAL				B 1 r B' 2	

Fuente: CORPONOR-FUNCAC (2007)

Figura 25. Balance hídrico Estación Escuela Agrícola Cachira



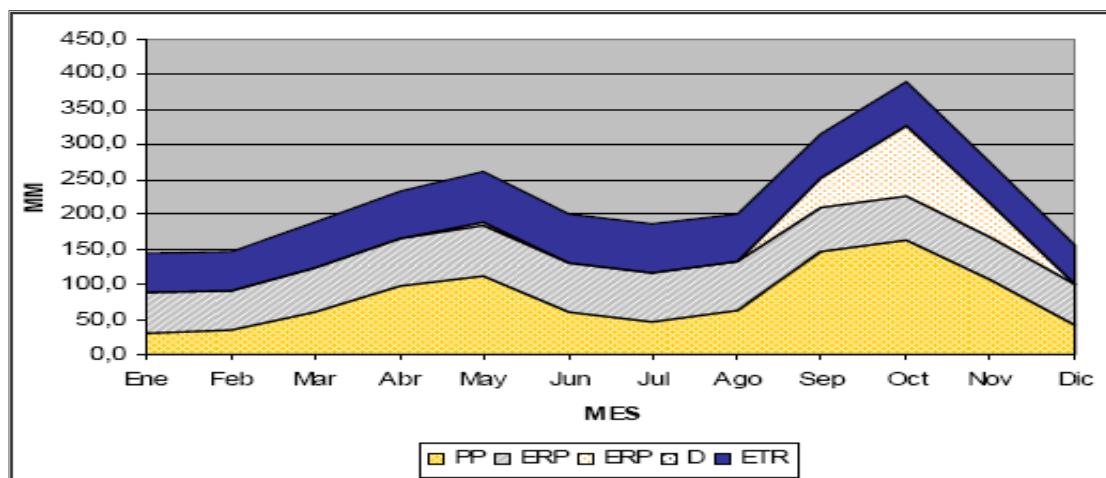
Fuente: CORPONOR-FUNCAC (2007)

Tabla 6. Datos estación Cachiri

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
T oC	17,5	17,9	18,0	17,9	17,8	18,0	17,7	17,7	17,5	17,0	17,1	17,2	17,61
P mm	16,8	32,4	57,6	125,5	137,3	67,5	45,7	80,2	153,9	199,7	112,4	38,8	1067,8
ETP	62,6	60,6	69,2	69,2	72,5	72,6	72,4	70,4	65,2	61,3	58,9	60,1	795,1
P-ETP	45,8	28,2	11,6	56,3	64,8	5,1	26,7	9,8	88,7	138,4	53,5	21,3	138,41
Ai calc.	32,9	4,7	-7,0	56,3	121,1	94,9	68,2	77,9	166,7	238,4	153,5	78,7	
A	32,9	4,7	0,0	56,3	100,0	94,9	68,2	77,9	100,0	100,0	100,0	78,7	
delta A	-45,8	-28,2	-4,7	56,3	43,7	-5,1	-26,7	9,8	22,1	0,0	0,0	-21,3	
E	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1	0,0	0,0	0,0	66,7	138,4	53,5	0,0	279,69
D	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,95
ETR	62,6	60,6	62,3	69,2	72,5	72,6	72,4	70,4	65,2	61,3	58,9	60,1	788,11
RH	-0,7	-0,5	-0,2	0,8	0,9	-0,1	-0,4	0,1	1,4	2,3	0,9	-0,4	
A	ÍNDICE DE HUMEDAD (Ih)				ÍNDICE DE ARIDEZ (Ia)				FACTOR DE HUMEDAD (Fh)				
	1,79				35,18				0,87				34,65
P+D	1074,7529				Ep+E				1074,75289				
TIPO DE CLIMA				DEFICIENCIA DE AGUA				CLIMA				SÍMBOLO	
LIGERAMENTE HÚMEDO				GRANDE EN VERANO				MESOTERMAL				B 1 a 2 B´2	

Fuente: CORPONOR-FUNCAC (2007)

Figura 26. Balance hídrico Estación Cachiri



Fuente: CORPONOR-FUNCAC (2007)

Los 5 balances calculados, utilizando Thornthwaite, permitieron establecer los períodos en que se presenta déficit o exceso hídrico en los cinco sitios analizados.

De las estaciones en Jurisdicción de la CDMB, se tiene el balance hídrico para la estación de Charta, el cual indica:

A partir de los valores calculados y observando la Tabla 7, se concluye que en la zona donde se encuentra la estación Charta presenta un déficit de agua en los meses de enero, febrero, junio, julio, agosto y septiembre y en los meses restante se presenta exceso de agua por lo tanto el agua se convierte en escorrentía.

Tabla 7 Balance hídrico estación Charta.

PARAMETROS	dic	ene	feb	mar	abr	Mayo	jun	jul	Ago	sep	Oct	nov	dic	I	a
Temperatura Media ^c		17.46	17.64	17.83	17.90	17.73	17.63	17.32	17.53	18.58	17.18	17.26	17.43		
Índice Calórico anual		6.6	6.7	6.9	6.9	6.8	6.7	6.6	6.7	7.3	6.5	6.5	6.6		
ETP , Evaporación Potencial (mm)		63.60	64.76	66.04	66.51	65.33	64.72	62.68	64.05	71.05	61.74	62.29	63.37	80.85	1.79
P –Lluvia media mensual (mm)		50.6	53.4	96.9	184.7	181.8	40.1	18.8	59.4	138.7	169.8	194.8	71.6		
P – ETP		-13.0	-11.4	30.9	118.2	116.5	-24.6	-43.9	-4.7	67.6	108.1	132.5	8.2		
		150.6	140.4	172.5	284.7	281.8	140.1	94.2	90.9	165.5	264.3	294.8	171.6		
Evaporación Real (mm)		63.6	64.8	66.0	66.5	65.3	64.7	62.7	64.1	71.1	61.7	62.3	63.4		
Humedad Suelo (Máxima 100 mm)	100.0	87.0	75.6	100.0	100.0	100.0	75.4	31.5	26.8	94.5	100.0	100.0	100.0		
Variación Humedad suelo (mm)		-13.0	-11.4	24.4	0.0	0.0	-24.6	-43.9	-4.7	67.6	5.5	0.0	0.0		
Déficit Agua (mm)		13.0	24.4	0.0	0.0	0.0	24.6	68.5	73.2	5.5	0.0	0.0	0.0		
Exceso de agua (mm)		0.0	0.0	6.5	118.2	116.5	0.0	0.0	0.0	0.0	102.6	132.5	8.2		

Fuente: CORPONOR-FUNCAC (2007)

### 2.2.1.4 UNIDADES CLIMATICAS

Para la determinación de las provincias climáticas se empleo la metodología de Caldas – Lang, que consiste en la definición de pisos térmicos por alturas y la relación precipitación / temperaturas, teniendo en cuenta la siguiente clasificación.

Tabla8. Clasificación Climática Según Caldas Lang y pisos térmicos

COCIENTE P/T	CLASIFICACION CLIMATICA	PISO TERMICO	RANGO DE ALTURA	TEMPERATURA
0-20	Desértico	Cálido	0-100	$T > 24$
20.1-40	Árido	Templado	1001 -2000	$24 > T > 17.5$
40.1-60	Semi árido	Frío	2001-3000	$17.5 > T > 12$
60.1-100	Semihúmedo	Muy Frío	3001-3200	$12 > T > 7$
100.1-160	Húmedo	Paramo	3201-4200	$T < 7$
>160	Super húmedo			

Fuente: Este Estudio

De acuerdo a los datos climáticos adquiridos, y según la metodología de Caldas Lang, en el Paramo de Santurban, en jurisdicción de CDMB y CCORPONOR se presentan las provincias climáticas Muy Frío (MF), semihúmedo y Paramo (P) semihúmedo. La distribución por área de cada una de las unidades se presenta en la tabla 9, y su distribución espacial en el plano climático.

Tabla 9. Provincias climáticas del Paramo Santurban

PROVINCIA CLIMATICA	SIMBOLO
Muy frío semihúmedo	MfSh
Paramo semihúmedo	PSh

Fuente: Este Estudio

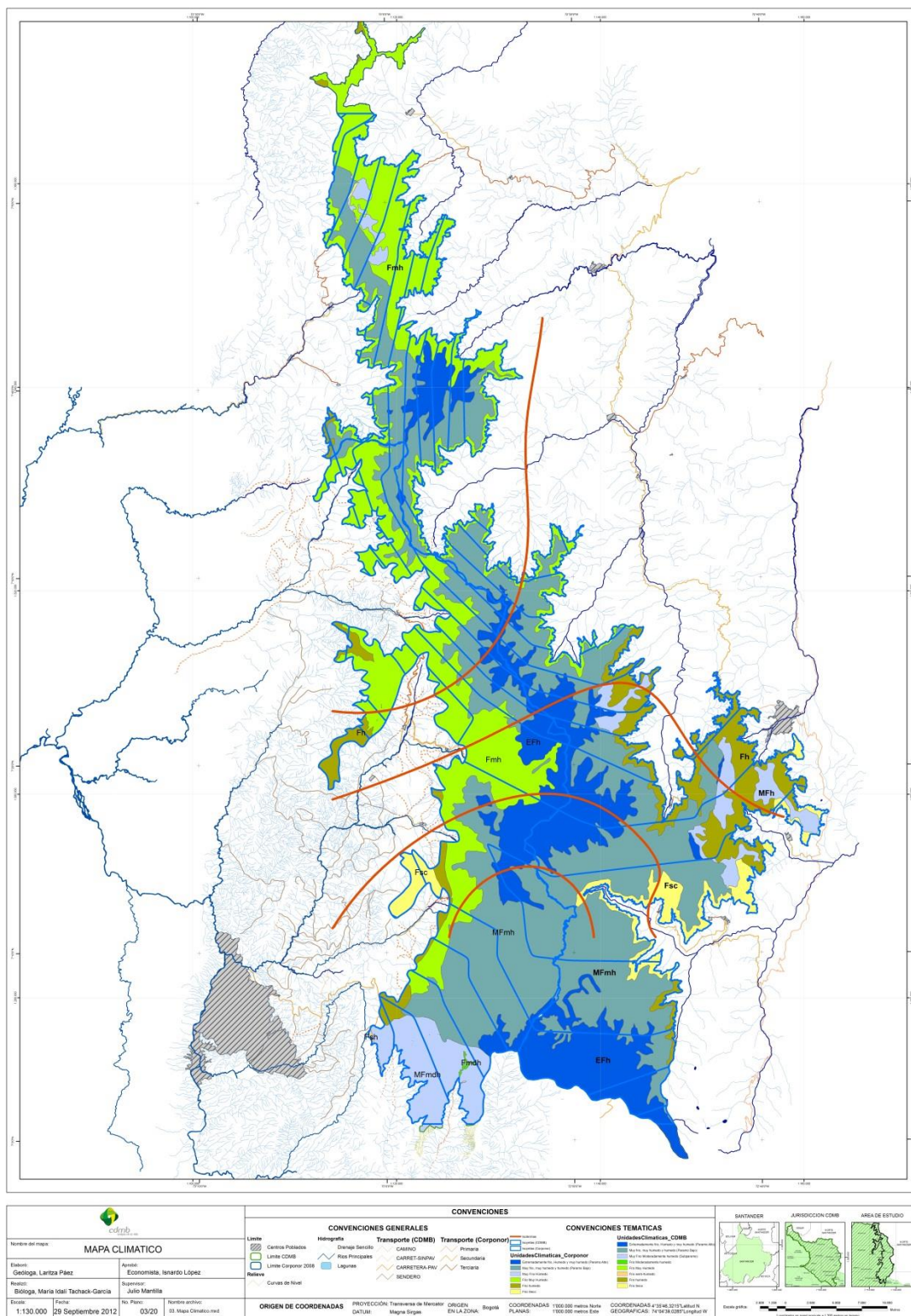
Adicionalmente, utilizando la información de las unidades climáticas por unidad de suelos, suministrada por el IGAC se definen las siguientes unidades. Ver Figura 27.

Tabla 10. Unidades Climáticas por unidad de suelo del paramo Santurban, jurisdicción CDMB y CORPONOR

CLIMA	SIMBOLO
Extremadamente frío, húmedo y muy húmedo – Paramo Alto	EFh
Muy frío, muy húmedo y húmedo- Paramo Bajo	MFmh
Muy Frío Moderadamente húmedo – subparamo	MFmdh
Muy Frío húmedo	MFh
Frío Moderadamente húmedo	Fmdh
Frío muy húmedo	Fmh
Frío semi-húmedo	Fsh
Frío Húmedo	Fh
Frío Seco	Fsc

Fuente: Este Estudio

Figura 27. Mapa de Clima por unidades de suelo, Paramo Santurban, Jurisdiccion CDMB y CORPONOR



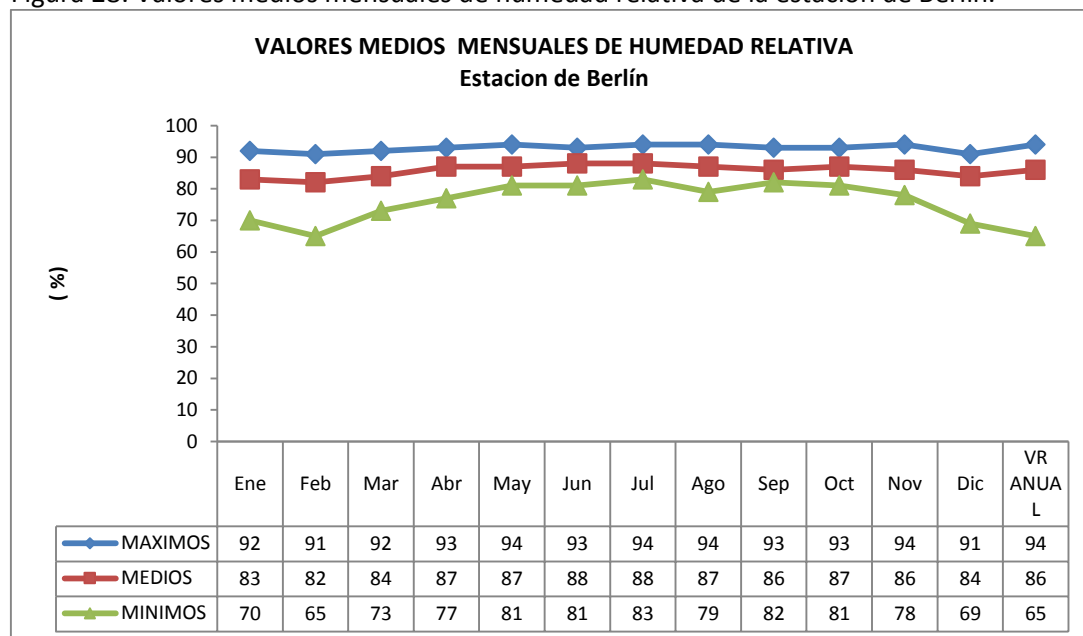
Fuente: Este Estudio



### 2.2.1.5 HUMEDAD RELATIVA

Las estaciones del IDEAM, que reportan datos de humedad relativa a la fecha del 2011 se registraan en las siguientes figuras:

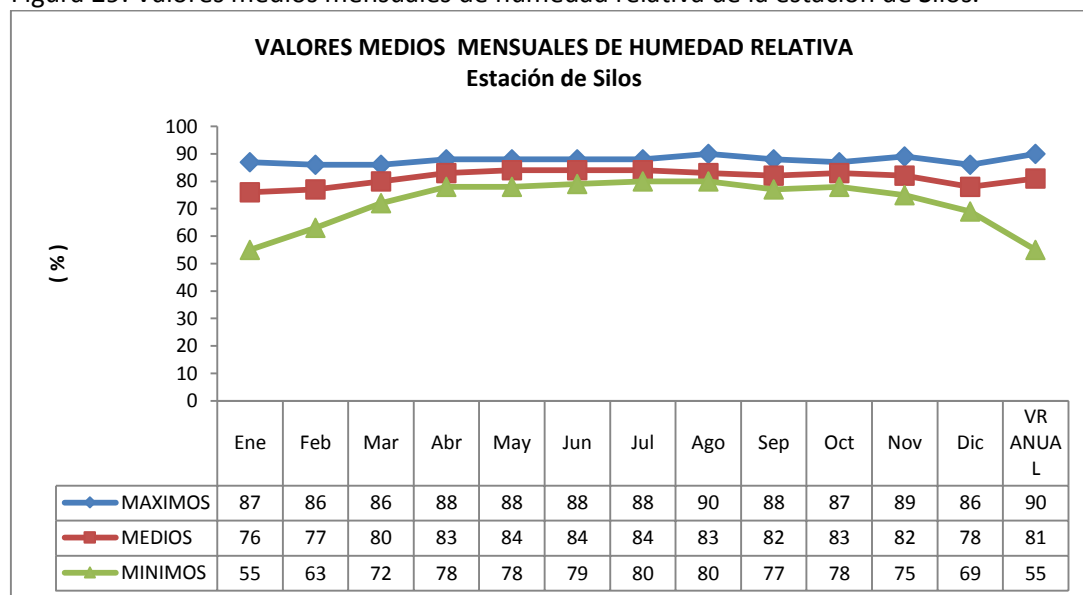
Figura 28. Valores medios mensuales de humedad relativa de la estación de Berlín.



Fuente: IDEAM 2011

El valor medio anual de humedad relativa en la estación de Berlín es de 86%.

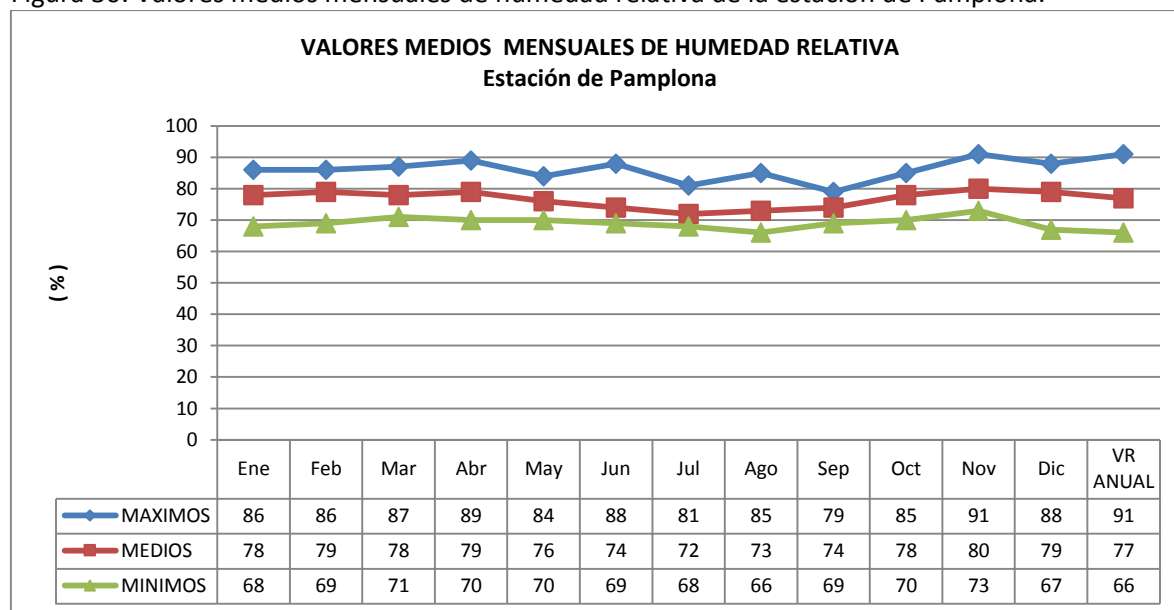
Figura 29. Valores medios mensuales de humedad relativa de la estación de Silos.



Fuente: IDEAM 2011

El valor medio anual de humedad relativa en la estación de Silos es de 81%.

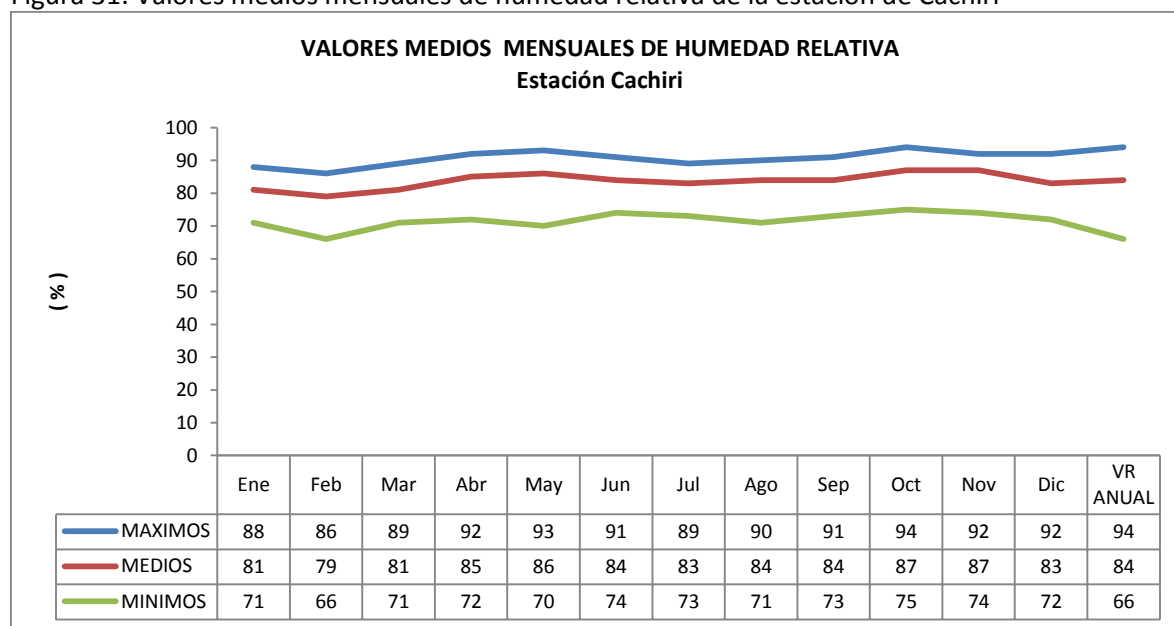
Figura 30. Valores medios mensuales de humedad relativa de la estación de Pamplona.



Fuente: IDEAM 2011

El valor medio anual de humedad relativa en la estación de Pamplona es de 77%.

Figura 31. Valores medios mensuales de humedad relativa de la estación de Cachiri

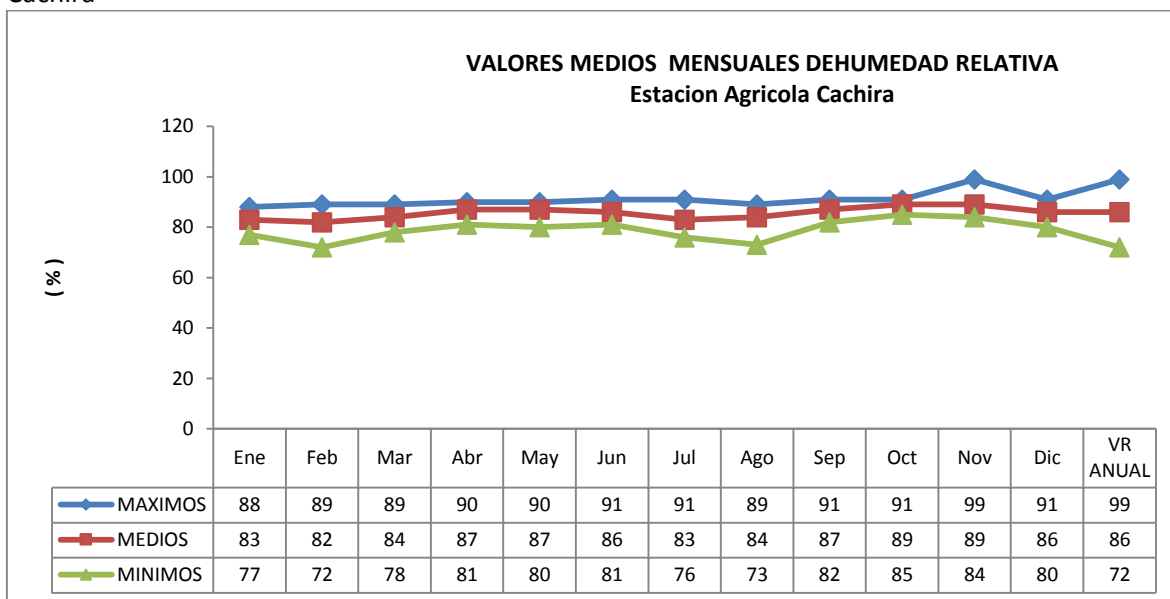


Fuente: IDEAM 2011

El valor medio anual de humedad relativa en la estación de Cachiri es de 84%.



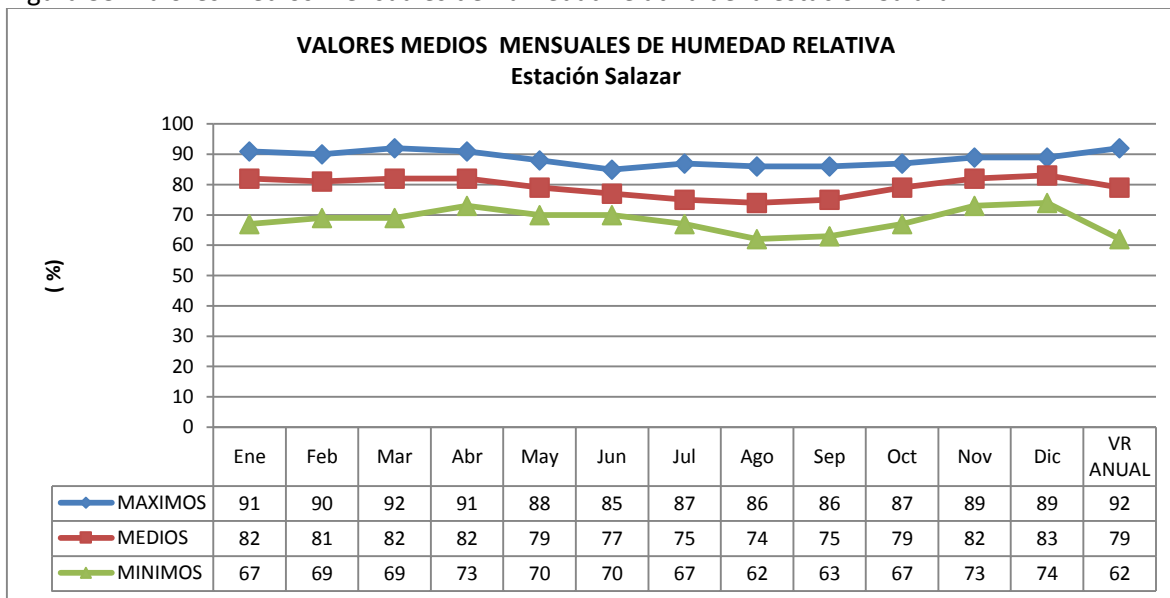
Figura 32. Valores medios mensuales de humedad relativa de la estación escuela agrícola de Cachira



Fuente: IDEAM 2011

El valor medio anual de humedad relativa en la estación Escuela Agrícola de Cachira es de 86%.

Figura 33. Valores medios mensuales de humedad relativa de la estación Salazar.



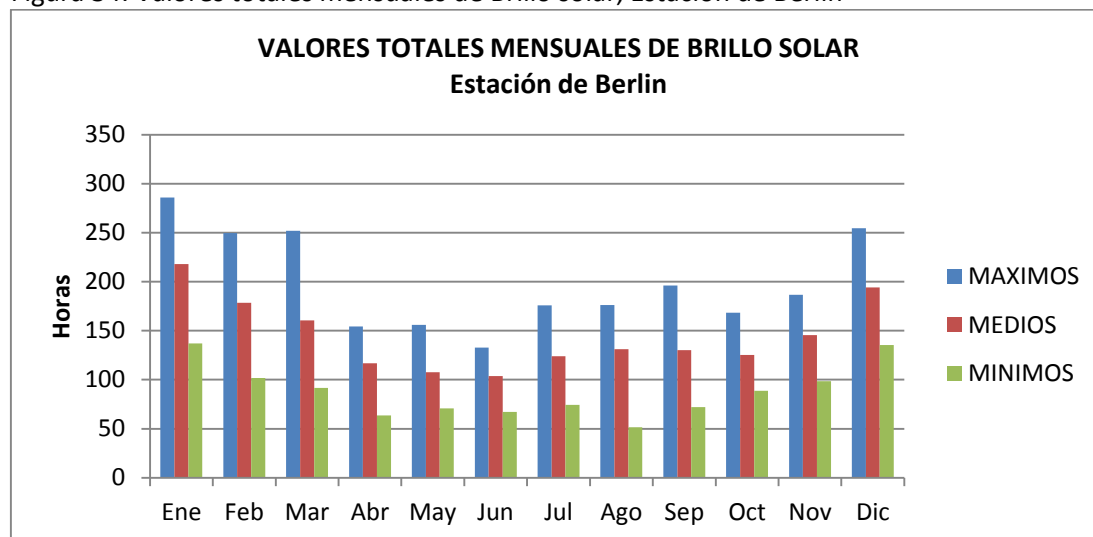
Fuente: IDEAM 2011

El valor medio anual de humedad relativa en la estación Salazar es de 79%.

### 2.2.1.6 BRILLO SOLAR

Las estaciones del IDEAM, que reportan datos de humedad relativa a la fecha del 2011 se registraan en las siguientes figuras:

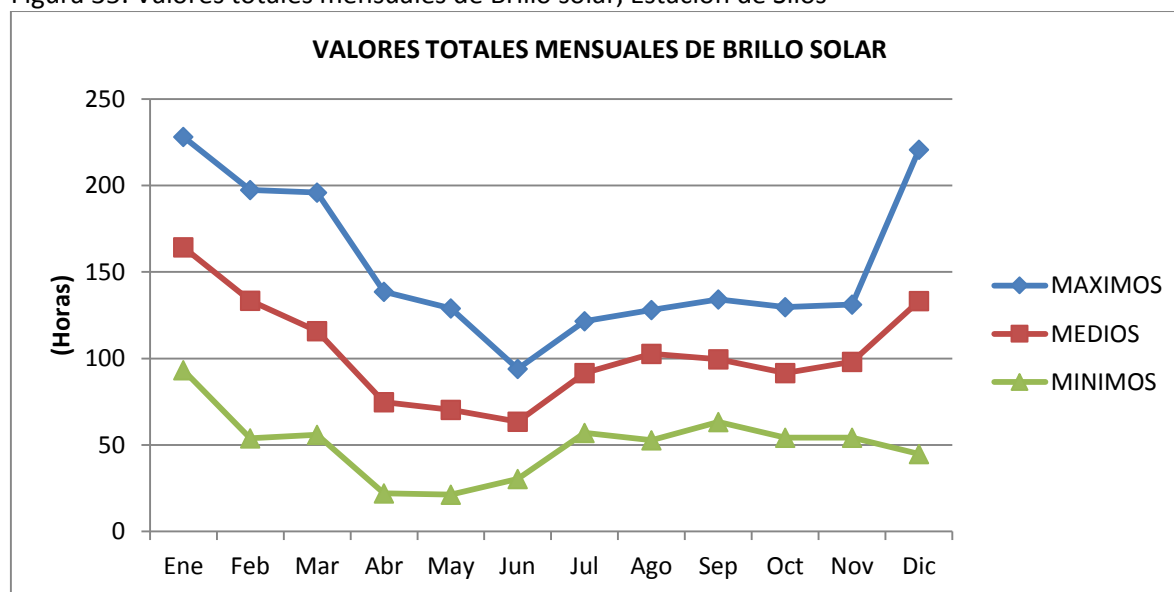
Figura 34. Valores totales mensuales de Brillo solar, Estacion de Berlin



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	VR ANUAL
MAXIMOS	285,9	249,8	251,9	154,5	156	132,8	175,8	176,3	196,2	168,5	186,8	254,7	2389,2
MEDIOS	217,9	178,6	160,6	116,8	107,6	103,9	123,9	131,2	130,1	125,2	145,7	194,2	1735,7
MINIMOS	137,1	101,7	91,7	63,6	70,8	67,3	74,2	51,6	72,1	88,7	98,5	135,3	1052,6

Fuente: IDEAM 2011

Figura 35. Valores totales mensuales de Brillo solar, Estación de Silos

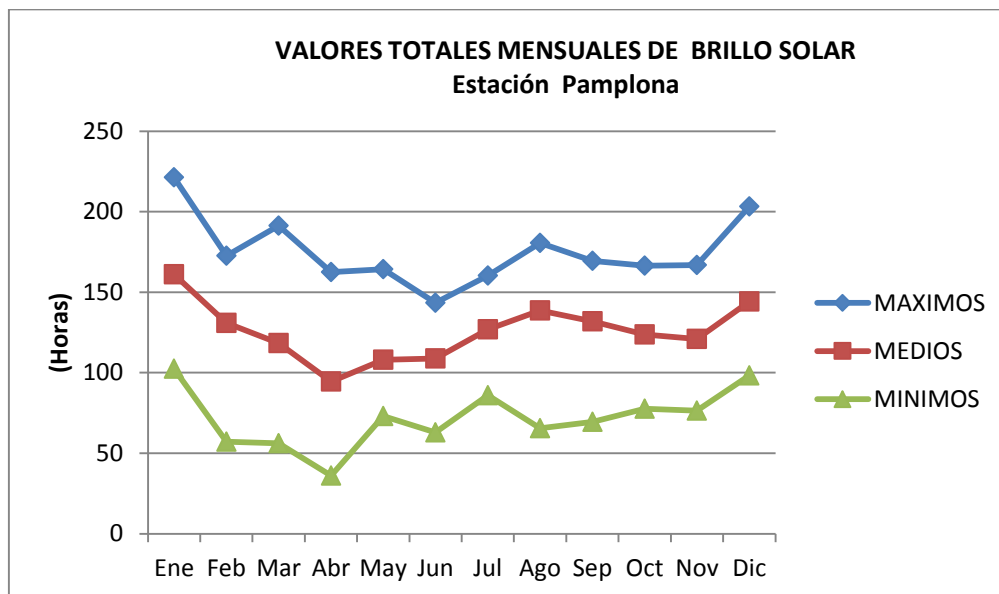


	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	VR ANUAL
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----------

MAXIMOS	228,2	197,4	196	138,6	128,9	94	121,5	128,1	134,2	129,7	131,2	220,8	1848,6
MEDIOS	164,4	133,4	115,9	74,8	70,3	63,5	91,6	102,7	99,5	91,7	98,1	133,3	1239,2
MINIMOS	93,3	53,9	55,9	22,1	21,3	30,4	57,1	52,8	63,4	54,3	54,2	44,8	603,5

Fuente: IDEAM 2011

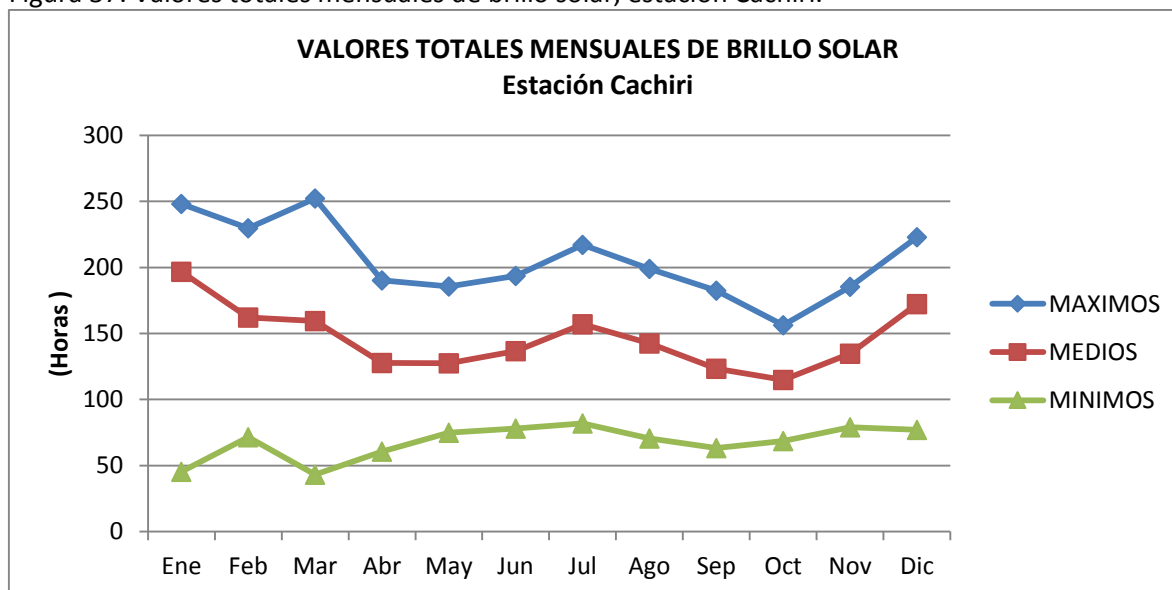
Figura 36. Valores totales mensuales de brillo solar, estación Pamplona



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	VR ANUAL
MAXIMOS	221,4	172,7	191,4	162,4	164,3	143,4	160,3	180,5	169,4	166,5	166,8	203,2	221,4
MEDIOS	161,2	130,8	118,4	94,5	108,1	108,8	127	138,6	131,8	123,7	121	144,3	1508,2
MINIMOS	102,4	57,1	56,1	36,1	73,1	63	86	65,5	69,4	77,7	76,5	98,4	36,1

Fuente: IDEAM 2011

Figura 37. Valores totales mensuales de brillo solar, estación Cachiri.



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	VR ANUAL
MAXIMOS	248,2	229,8	252,1	190,2	185,5	193,7	217,2	199	182,5	156,4	185,4	223	2463
MEDIOS	196,8	162,2	159,4	127,8	127,5	136,7	157,1	142,4	123,4	115	134,7	172,2	1755,2
MINIMOS	45,3	71,5	43,1	60,7	75	78,1	81,9	70,5	63,3	68,6	79,1	77,2	814,3

Fuente: IDEAM 2011

## 2.2.2 RED HIDROLOGICA

La Unidad Biogeográfica de Santurban pertenece a tres (3) cuencas hidrográficas: el Orinoco , el Magdalena -el Cauca y el Lago de Maracaibo, en su respectivo orden se encuentran las zonas hidrográficas del Río Arauca, Río Magdalena Medio y Río Catatumbo.

Zona hidrográfica del Río Catatumbo corresponde a 1731,75 Km<sup>2</sup>, equivalente al 36.63 % del área de Santurban, posee la característica de ser binacional, pues vierte sus aguas al Lago de Maracaibo, República de Venezuela. La zona hidrográfica del Río Magdalena medio posee 2511,74 Km<sup>2</sup>, equivalentes al 51.28 % del área de la Unidad Biogeográfica, y la zona hidrográfica del Río Arauca posee 617 Km<sup>2</sup>, equivalentes al 12.70 % del área del complejo ecoregional. De acuerdo a la clasificación jerárquica de las cuencas hidrográficas, la zona hidrográfica del Río Catatumbo, se subdivide en tres cuencas que son: Río Tarra, Sardinata y Zulia. A su vez, esta Zona hidrográfica posee siete subcuencas, y dieciséis microcuencas.

En la Zona hidrográfica del Río Magdalena Medio se encuentran la Cuenca del Río Lebrija, cinco subcuencas y veintiséis microcuencas. La Zona hidrográfica del río Arauca se subdivide en una cuenca . Río Chitaga, posee además una subcuenca y seis microcuencas; para configurar una extensa red cuyo potencial disponible es positivo, en términos generales. La distribución porcentual de las cuencas hidrográficas de los ríos Chitaga, Lebrija, Sardinata, Tarra y Zulia presentan los siguientes valores del 12.7%, 51.7%, 0.2%, 0.3% y 35.1% respectivamente. En las tablas 8 y 9, se describen jerárquicamente las microcuencas, subcuencas y cuencas que pertenecen a las Zonas hidrográficas para efecto de obtener una visión general de la hidrografía de la Unidad Biogeográfica de Santurban. Véase mapa de cuencas hidrográficas.

Tabla 11. Red Hidrográfica en el Complejo Ecoregional de Santurban, Área de Influencia CORPONOR.

AREA HIDROGRAFICA	ZONA HIDROGRAFICA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AREA DE INFLUENCIA
CARIBE	RIO CATATUMBO	RIO ZULIA	RIO ZULIA ALTO	RIO LA PLATA	CORPONOR
				RIOSULASQUILLA ALTO	CORPONOR
				RIO SULASQUILLA MEDIO	CORPONOR
				RIO SULASQUILLA BAJO	CORPONOR
			RIO CUCUTILLA	RIO CUCUTILLA ALTO	CORPONOR
				RIO CUCUTILLA BAJO	CORPONOR
			RIO ARBOLEDA	RIO ARBOLEDA ALTO	CORPONOR
				QUEBRADA HELECHAL	CORPONOR
				QUEBRADA CASTRO	CORPONOR
				RIO ARBOLEDA BAJO	CORPONOR
			RIO SALAZAR	RIO SALAZAR ALTO	CORPONOR

				RIO SALAZAR BAJO	CORPONOR
			RIO PERALONSO	RIO PERALONSO ALTO	CORPONOR
				RIO PERALONSO MEDIO	CORPONOR
		RIO SARDINATA	RIO SARDINATA ALTO	QUEBRADA LAS VEGAS	CORPONOR
		RIO TARRA	RIO TARRA ALTO	QUEBRADA LA MALA	CORPONOR

Fuente: “Marco estratégico para la formulación del plan de manejo ambiental de los ecosistemas compartidos páramo, subpáramo y bosque alto andino de la unidad biogeográfica de Santurban en la jurisdicción de la C.D.M.B Y CORPONOR

Tabla 12. Red Hidrográfica en el Complejo Ecorregional de Santurbán Area de Influencia C.D.M.B y CORPONOR

AREA HIDROGRAFICA	ZONA HIDROGRAFICA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AREA DE INFLUENCIA	
ORINOCO	RIO ARAUCA	RIO CHITAGA	RIO CARABA	RIO JORDAN	C.D.M.B.	
				QUEBRADA MATADERO	CORPONOR	
				QUEBRADA. CUESTA BOBA	CORPONOR	
				RIO CARBA MEDIO	CORPONOR	
				RIO CARABA BAJO	CORPONOR	
				RIO CARABA ALTO	CORPONOR	
MAGDALENA CAUCA		RIO ARAUCA	RIO CACHIRA	QUEBRADA. LA CARRERA	CORPONOR	
				QUEBRADA AGUA BLANCA	CORPONOR	
				QUEBRADA. CARAMBA	CORPONOR	
				QUEBRADA. CACHIRA MEDIO	CORPONOR	
				RIO SAN PABLO	CORPONOR	
	RIO CACHIRA ALTO			C.D.M.B.		
	RIO ROMERITO			C.D.M.B.		
	RIO CACHIRA BAJO			C.D.M.B.		
	QUEBRADA. EL PINO			C.D.M.B.		
	RIO EL PLAYON			C.D.M.B.		
	RIO CACHIRA			C.D.M.B.		
	RIO LEBRIJA	RIO SURATA	RIO SURATA ALTO	C.D.M.B.		
			RIO VETAS	C.D.M.B.		
			RIO CHARTA	C.D.M.B.		
			RIO TONA	C.D.M.B.		
			RIO SURATA BAJO	C.D.M.B.		
		RIO NEGRO	RIO SANTA CRUZ	C.D.M.B.		
			QUEBRADA SAMACA	C.D.M.B.		
			RIO NEGRO	C.D.M.B.		
QUEBRADA EL ABURRIDO			C.D.M.B.			
QUEBRADA LA HONDA			C.D.M.B.			
RIO SALAMANCA		QUEBRADA SILGARA	C.D.M.B.			
		RIO SALAMANCA	C.D.M.B.			
RIO DE ORO		RIO DE ORO ALTO	C.D.M.B.			
		RIO FRIO	C.D.M.B.			
MAGDALENA CAUCA		RIO MEDIO MAGDALENA MEDIO				

Fuente: “Marco estratégico..”

## Complejo lagunar y de turbera de Páramo

El área de interés de Santurbán posee un total de 57 lagunas, las cuales conforman un ecosistema de lagunas de origen periglacial, localizadas entre los 3.500 a 3.800msnm. Este complejo lagunar esta claramente distribuido en dos sectores, el primero ubicado entre los municipios de Cachira, Salazar y Arboledas y el segundo situado entre los municipio de Vetas, Cucutilla y Mutiscua.

De los 57 cuerpos de agua, en el área de jurisdicción de la CDMB existen 38 lagunas con superficies que fluctúan entre 1 y 12 hectáreas, el de mayor extensión corresponde a la laguna “La Pintada”, localizada en jurisdicción del municipio de Vetas.

Este importante ecosistema de lagunas, está localizado principalmente en las microcuencas: Qda La Carrera (Mpio de Cachira), Río Arboleda Alto (Mpio de Arboledas), Río Cucutilla Alto (Mpio de Cucutilla), Río La Plata (Mpio de Mutiscua), Río Suratá Alto (Mpio de Suratá), Río Vetas (Mpio de Vetas y California). Estas microcuencas hidrográficas debe ser objeto de restauración, conservación y preservación. Véase las tablas 14 y 15).

Tabla 13. Sistema de Lagunas y turbera de Páramo en el Complejo Eco-regional de Santurban Área de Influencia C.D.M.B.

AREA DE INFLUENCIA	MUNICIPIO	MICROCUENCA	VEREDA	NOMBRE DE LA LAGUNA	A.S.N.M.
C.D.M.B.	SURATA	SURATA ALTO	PARAMO DE	POZO NEGRO 1	3600-3700
			MONSALVE	POZO NEGRO 2	3600-3700
	CALIFORNIA	RIO VETAS	LA BAJA	PAEZ	3700-3800
	VETAS	RIO VETAS	EL SALADO	LA VIRGEN 1	3800-3900
				LA VIRGEN 2	3800-3900
				LA VIRGEN 3	3800-3900
				LA VIRGEN 4	3800-3900
				LARGA	3700-3800
			EL CENTRO	NEGRA	3600-3700
				LAS CALLES	3600-3700
				GUILLERMO	3600-3700
				LOS PAJARITOS	3400-3500
			BORRERO	EL OJO 1	3800-3900
				EL OJO 2	3800-3900
				EL OJO 3	3800-3900
				EL OJO 4	3800-3900
				CUNTA	3700-3800
			ORTEGON	LA NEGRA 1	3700-3800
				LA NEGRA 2	3700-3800
				LA NEGRA 3	3700-3800
				LA NEGRA 4	3700-3800
				LA NEGRA 5	3600-3700

Fuente: “Marco estratégico para la formulación del plan de manejo ambiental de los ecosistemas compartidos páramo, subpáramo y bosque alto andino de la unidad biogeográfica de Santurban en la jurisdicción de la C.D.M.B Y CORPONOR

Tabla14.Sistema de Lagunas y turbera de Páramo en el Complejo Eco-regional de Santurban Área de Influencia CORPONOR

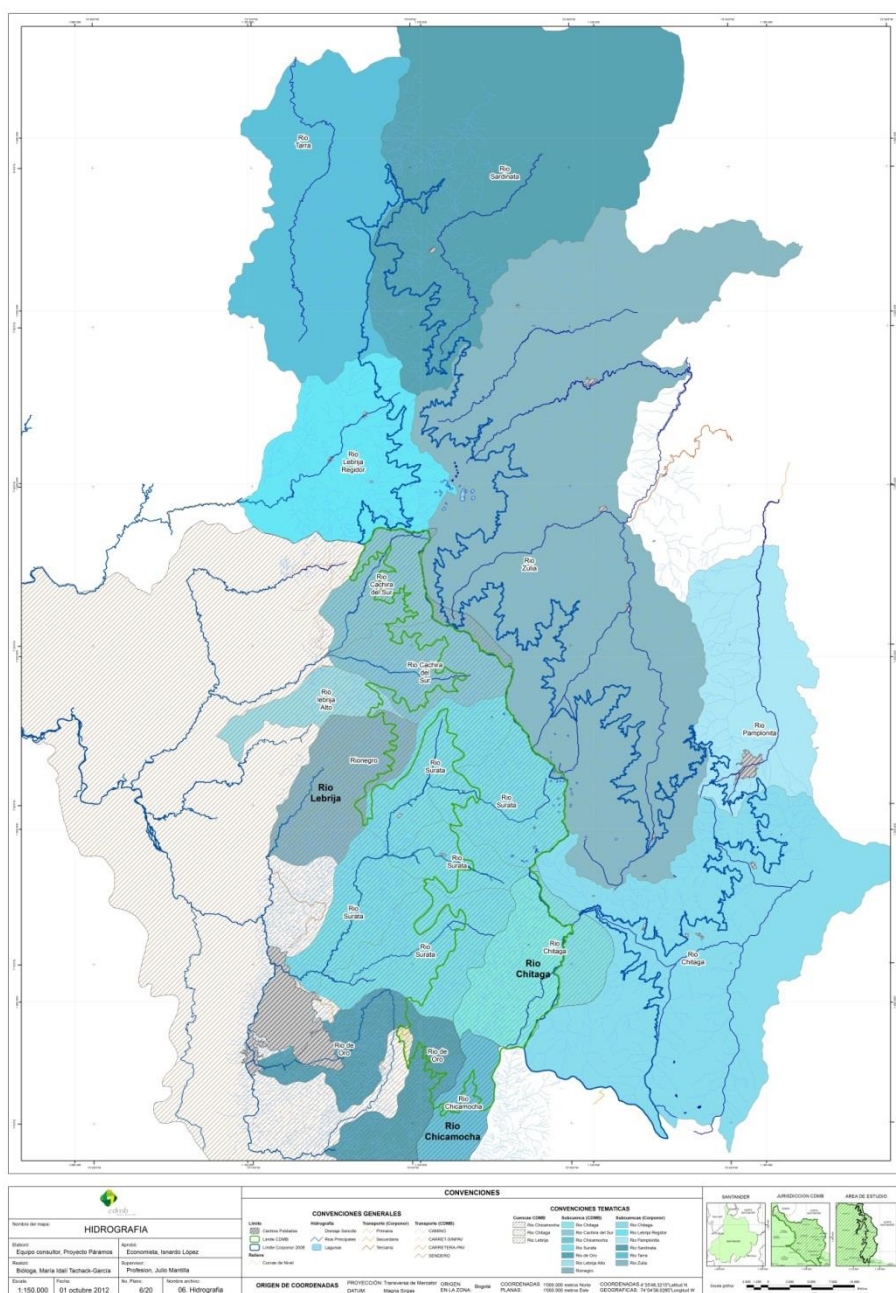
AREA DE INFLUENCIA	MUNICIPIO	MICROCUEENCA	VEREDA	NOMBRE DE LA LAGUNA	A.S.N.M.
CORPONOR	CACHIRA	QDA. LA CARRERA	LA CARRERA	SIETE LAGUNA 1	3600-3700
				SIETE LAGUNA 2	3600-3700
				SIETE LAGUNA 3	3600-3700
				SIETE LAGUNA 4	3600-3700
				SIETE LAGUNA 5	3600-3700
				SIETE LAGUNA 6	3600-3700
				SIETE LAGUNA 7	3600-3700
				SIETE LAGUNA 8	3500-3600
				POZO VERDE 1	3700-3800
				POZO VERDE 2	3700-3800
				POZO VERDE 3	3700-3800
				POZO VERDE 4	3500-3600
	ARBOLEDA	RIO ARBOLEDA ALTO	PLAYONCITO	CAZADERA 1	3600-3700
				CAZADERA 2	3500-3600
			QDA. GRANDE	SIETE LAGUNA 9	3700-3800
				BRAVA 1	3700-3800
				BRAVA 2	3500-3600
				LA CIEGA	3500-3600
				LA BARCINAS 1	3600-3700
				LA BARCINAS 2	3500-3600
				POZO NEGRO	3300-3400
	CUCUTILLA	RIO CUCUTILLA ALTO	MARQUECHA SUR	CHUPADERO	4100-4200
				TUTAL	3900-4000
				EL POTRERO	3700-3800
				NEGRA	3300-3400
				EL PICO	3800-3900
				QUELPA	3700-3800
				BARROSA	3400-3500
				HERMOSA	3600-3700
	MUTISCUA	RIO PLATA	LA PLATA	LA PLATA	3900-4000
				COLORADA 1	3600-3700
			SAN ISIDRO	PANTANO COLORADO	3600-3700
				EL POTRO	3600-3700
				SURCURA	3600-3700
				COLORADA	3400-3500

Fuente: “Marco estratégico para la formulación del plan de manejo ambiental de los ecosistemas compartidos páramo, subpáramo y bosque alto andino de la unidad biogeográfica de Santurban en la jurisdicción de la C.D.M.B Y CORPONOR.

#### 2.2.2.1 JURISDICCION CDMB

La porción del páramo de Santurbán localizada de jurisdicción de la CDMB forma parte de la cuenca del río Lebrija, perteneciente a la gran cuenca del río Magdalena, e incluye las porciones superiores de las subcuencas de los ríos Cáchira Sur y Suratá. A nivel de microcuencas comprende las de la quebrada La Carrera y los ríos Romeritos, Cachirí, Vetás y Suratá Alto, alimentadas localmente por un gran número de quebradas, entre las que se encuentran las de Peñóngrande, La Cabrera, Tablanca, Ramírez, Vado Real, Sabaneras, Corral de Piedra, Angostura, La Virgen y Aguaparamo (Fig. 38).

Figura 38. Microcuencas jurisdiccion cdm



Fuente: Esta consultoria



### **2.2.2.2 MORFOMETRIA DE PRINCIPALES CUENCAS**

De acuerdo a la información recopilada en los diferentes documentos de ordenamiento ambiental de las cuencas se tiene la siguiente información para las cuencas Surata alto, vetas, Charta y Oro Alto. Ver Tabla 12.

#### **2.2.2.2.1 Cuenca Surata Alto**

1. La microcuenca del río Suratá tiene un área de 294 Km<sup>2</sup>, valor que incluye al área de la microcuenca del Río Vetás (156 Km<sup>2</sup>), con una forma ovalada de tipo embudo; su relación de largo a ancho está por el orden de 1.8.
2. La altura media de la cuenca es de 2715 msnm y las alturas máximas y mínimas son de 3800 y 1300 msnm, respectivamente.
3. La cuenca con un relieve muy accidentado y con un valor de pendiente media de 57%, corresponde a una cuenca de alta pendiente donde se generan altas velocidades del agua y una alta capacidad de erosión de la misma.
4. El cauce principal con una longitud de 26.9 Km clasificado como cauce de orden 6 y una pendiente media de 10.4%.
5. El tiempo de concentración de la cuenca, según la fórmula de Kirpich está esta por encima de los 115 minutos.
6. El rendimiento medio de la cuenca esta en el rango de los 10 a los 20 lps/km<sup>2</sup> y se encuentra clasificada según el IDEAM como una microcuenca de bajo rendimiento.

#### **2.2.2.2.2 Cuenca Rio Vetás**

1. La microcuenca del río vetas tiene un área de 156 Km<sup>2</sup> con una forma ovalada de tipo embudo; su relación de largo a ancho está por el orden de 2.
2. La altura media de la cuenca es de 3086 msnm y las alturas máximas y mínimas son de 4200 y 1600 msnm, respectivamente.
3. La cuenca con un relieve muy accidentado y con un valor de pendiente media de 56.52%, corresponde a una cuenca de alta pendiente donde se generan altas velocidades del agua y una alta capacidad de erosión de la misma.
4. El cauce principal con una longitud de 21.4 Km clasificado como cauce de orden 5 y una pendiente media de 11.7%.
5. El tiempo de concentración de la cuenca, según la fórmula de Kirpich está esta por encima de los 75 minutos.
6. El rendimiento medio de la cuenca esta en el rango de los 10 a los 15 lps/km<sup>2</sup> y se encuentra clasificada según el IDEAM como una microcuenca de bajo rendimiento.

#### **2.2.2.2.3 Cuenca Rio Tona**

1. La microcuenca del río Tona tiene un área de 194 Km<sup>2</sup> con una forma oblonga de tipo embudo; su relación de largo a ancho está por el orden de 3.
2. La altura media de la cuenca es de 2270 msnm y las alturas máximas y mínimas son de 3850 y 800 msnm, respectivamente.

3. La cuenca con un relieve muy accidentado y con un valor de pendiente media de 55.7%, corresponde a una cuenca de alta pendiente donde se generan altas velocidades del agua y una alta capacidad de erosión de la misma.
4. El cauce principal con una longitud de 27.9 Km clasificado como cauce de orden 5 y una pendiente media de 10.9%.
5. El tiempo de concentración de la cuenca, según la fórmula de Kirpich está esta por encima de los 120 minutos.
6. El rendimiento medio de la cuenca esta en el rango de los 10 a los 15 lps/km<sup>2</sup> y se encuentra clasificada según el IDEAM como una microcuenca de bajo rendimiento.

Tabla15. Analisis morfometrico de corrientes, en el Paramo Santurban

Corriente	Area - A [Km <sup>2</sup> ]	Perímetro - P [Km]	Longitud axial - LA [Km]	Ancho promedio - AP [Km]	Forma de la cuenca CGravelius:	Coefficiente orográfico (F. Fournier)	Densidad de drenaje	Tiempo de concentración	Orden de corriente
Surata alto	138	84.15	22.85	12.84	Ovalada. 1.39	25,104: Relieve muy accidentado.	3.7 Km/Km <sup>2</sup>	2.30 horas.	6
Vetas	155.9	57	17.3	9	Ovalada. 1.29	61,09 Relieve muy accidentado	2.4 Km/Km <sup>2</sup>	1.55	5
Tona	193.77	74.96	23.8	8.2	Oblonga. 1.52	26,652 Relieve muy accidentado	2.1 Km/Km <sup>2</sup>	2.30	5
Charta	78,977	44,420	16,904	4,673	Ovalada.	81820,76686	1.44 Km/Km <sup>2</sup>	1.58	9
Oro Alto	142,74	65,5	8,8	3,8	1.55 Oval Oblonga				

Fuente: Ajustado de los POA, CDMB y CORPONOR

### 2.2.2.3. BALANCE HÍDRICO

#### 2.2.2.3.1 Cuenca Surata Alto

De acuerdo al POA Surata Alto (2002), Los resultados del balance para la microcuenca del río Suratá parte alta, están basados en la precipitación y evapotranspiración promedio en la cuenca, en un almacenamiento potencial en el suelo de 62.5 mm, correspondiente aun horizonte de 50 cm. Y una capacidad de 1.25 mm/cm. Los resultados muestran que existe déficit potencial (P-ETP < 0) en los meses de enero, febrero, marzo, junio, julio, agosto y diciembre, y que la disponibilidad de agua en el suelo permite suplir o satisfacer el déficit solo en los meses de junio y diciembre, presentándose falta de agua en el suelo en los meses de enero febrero marzo, julio y agosto.

Tabla 16. Balance hídrico a nivel mensual microcuenca del río Surata parte alta

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PRECIPITACION	39.7	55.2	74.4	124.7	127.8	61.0	48.7	76.0	117.6	160.5	116.8	66.8
ETP	123.7	116.6	127.0	106.3	99.3	100.5	110.9	111.5	102.8	100.5	93.6	111.4

P – ETP	-84.0	-61.3	-52.6	18.4	28.4	-39.5	-62.3	-35.5	14.8	60.0	23.2	-44.6
ALM SUELO	0.0	0.0	0.0	18.4	46.9	7.3	0.0	0.0	14.8	62.5	62.5	17.9
ESC Y PERC	0.0	-61.3	-52.6	0.0	0.0	0.0	-54.9	-35.5	0.0	12.3	23.2	0.0
ALM UTILIZADO	17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	39.5	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	44.6
DÉFICIT	-66.1	-61.3	-52.6	0.0	0.0	0.0	-54.9	-35.5	0.0	0.0	0.0	0.0

### 2.2.2.3.2 Cuenca Vetás

De acuerdo al POA Vetás 2002, los resultados del balance para la cuenca del río Vetás, están basados en la precipitación y evapotranspiración promedio en la cuenca, en un almacenamiento potencial en el suelo de 62.5 mm, correspondiente a un horizonte de 50 cm y una capacidad de 1.25 mm/cm. Los resultados muestran que existe déficit potencial ( $P - ETP < 0$ ) en todos los meses, y que la disponibilidad de agua en el suelo permite suplir o satisfacer el déficit en los meses de abril, mayo junio y de septiembre a diciembre, presentándose falta de agua en el suelo en los meses de enero, febrero marzo, junio y agosto.

Tabla 17. Balance hídrico a nivel mensual cuenca del río Vetás

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PRECIPITACION	41.7	56.9	61.5	134.1	167.1	64.9	32.1	68.5	122.5	195.8	149.1	63.8
ETP	124.6	112.1	125.2	107.2	103.1	98.5	106.5	109.5	107.2	107.1	98.8	112.6
P – ETP	-82.9	-55.2	-63.7	26.9	64.0	-33.6	-74.3	-40.9	15.3	88.7	50.3	-48.8
ALM SUELO	0.0	0.0	0.0	26.9	62.5	28.9	0.0	0.0	15.3	62.5	62.5	13.7
ESC Y PERC	0.0	-55.2	-63.7	0.0	28.4	0.0	-45.4	-40.9	0.0	41.5	50.3	0.0
ALM UTILIZADO	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	33.6	28.9	0.0	0.0	0.0	0.0	48.8
DÉFICIT	-69.2	-55.2	-63.7	0.0	0.0	0.0	-45.4	-40.9	0.0	0.0	0.0	0.0

### 2.2.2.3.3 Cuenca Río Tona

Los resultados del balance para la cuenca del río Tona, están basados en la precipitación y evapotranspiración promedio en la cuenca, en un almacenamiento potencial en el suelo de 62.5 mm, correspondiente aun horizonte de 50 cm. Y una capacidad de 1.25 mm/cm. Los resultados muestran que a pesar de existir déficit potencial ( $P - ETP < 0$ ) en los meses de enero, febrero, julio y diciembre, la disponibilidad de agua en el suelo permite suplir o satisfacer el déficit, de modo que no se presente falta de agua en el suelo a lo largo del año.

Tabla 18 Balance hídrico a nivel mensual cuenca del río Tona

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PRECIPITACION	54.9	79.4	105.3	183.1	189.8	99.0	78.1	108.3	147.8	198.7	145.5	78.2
ETP	96.7	87.9	93.0	85.7	84.6	82.8	87.5	91.8	85.4	82.4	77.8	89.2
P – ETP	-41.7	-8.5	12.3	97.5	105.2	16.2	-9.4	16.6	62.4	116.4	67.7	-10.9
ALM SUELO	9.9	1.4	13.7	62.5	62.5	62.5	53.1	62.5	62.5	62.5	62.5	51.6
ESC Y PERC	0.0	0.0	0.0	48.7	105.2	16.2	0.0	7.2	62.4	116.4	67.7	0.0
ALM UTILIZADO	41.7	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9
DÉFICIT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

#### 2.2.2.3.4 Cuenca del Zulia

Los principales tributarios de la cuenca del río Zulia son el río Pamplonita, que tiene su nacimiento hacia los 3.800 m.s.n.m y tributa sus aguas en la cota 50 m, en la vereda Vegas del Pamplonita del municipio de Puerto Santander (dentro del límite nacional); el río Peralonso que tiene su nacimiento a los 1.600 m.s.n.m y desemboca en el río Zulia en la cota 200 m, en la vereda Primero de Mayo del municipio El Zulia; el río Arboledas que nace a los 3.600 m.s.n.m, desembocando en el río Zulia a los 800 m, en la vereda La Meseta del municipio de Cucutilla; el río Salazar que nace a los 1.600 m.s.n.m. y desemboca en el río Zulia en la vereda Alto de los Sánchez del municipio de Salazar sobre la cota 400 m.s.n.m.

La oferta hídrica se expresa en términos de rendimientos hídricos y también en función de los caudales medidos sobre la corriente del Río Zulia. En general, para todos los municipios, presenta valores entre moderados y altos, lo que se constituye en una ventaja real para el desarrollo económico y social de la cuenca. Las temporadas de déficit hídrico se presentan para los períodos de Enero-Febrero-Marzo y Junio-Julio-Agosto-parte de Septiembre, siendo este último un poco más pronunciado y con una duración mayor. El cambio de caudal de una estación a otra es muy significativo por lo que se evidencia la importancia de las corrientes de la parte media de la cuenca como aportantes al caudal y que la demanda sobre el agua de la corriente principal aún no es significativa como para producir algún tipo de presión sobre el recurso.

La época de exceso hídrico se presenta durante los meses de Abril – Mayo y Septiembre – Octubre – Noviembre – Diciembre, siendo este último período mucho más marcado ya que coincide con el periodo de mayores precipitaciones sobre la cuenca, lo que se evidencia en lo que sucede en la parte baja de la cuenca donde por esta época se han presentado inundaciones de magnitudes considerables.

La cuenca del río Zulia presenta una demanda total de 417.293.107m<sup>3</sup> anuales, de los cuales 220.752.000 m<sup>3</sup> son consumidos por la Termoeléctrica, representando el 55% del consumo total de la cuenca, convirtiéndose el municipio de San Cayetano como el mayor demandante con 239.069.279,46 de m<sup>3</sup> que equivale al 57,29%.

El índice de escasez para la cuenca del río Zulia fue actualizado para los sectores sur (Municipios: Silos, Mutiscua, Pamplona, Cucutilla, Arboledas, Bochalema, Durania, Salazar, Gramalote y Santiago) y norte (Municipios: San Cayetano, El Zulia, Cúcuta, Puerto Santander y Tibú); La categoría mínima representa que la oferta satisface la demanda presente en el tramo y no indica presiones importantes sobre el recurso. Al comparar los índices de escasez en sus dos tipos se puede notar que este valor se reduce en casi un 50% para el año seco respecto a un año de condiciones normales.

Tabla 19. Índice de escasez para el año seco en la cuenca del río zulía

TRAMO	OFERTA NETA TOTAL PARA AÑO SECO m3	DEMANDA m3	INDICE DE ESCASEZ %	CATEGORIA
SUR	497860891.7	23069336	4.63369113	MINIMO
NORTE	331735118.9	171305608.4	51.6392744	ALTO

FUENTE: Reorganización Del Índice de Escasez Cuencas Ríos Pamplonita y Zulia. Guillermo Hernando Quintana M. 2008

### 2.2.2.3.5 Conclusiones

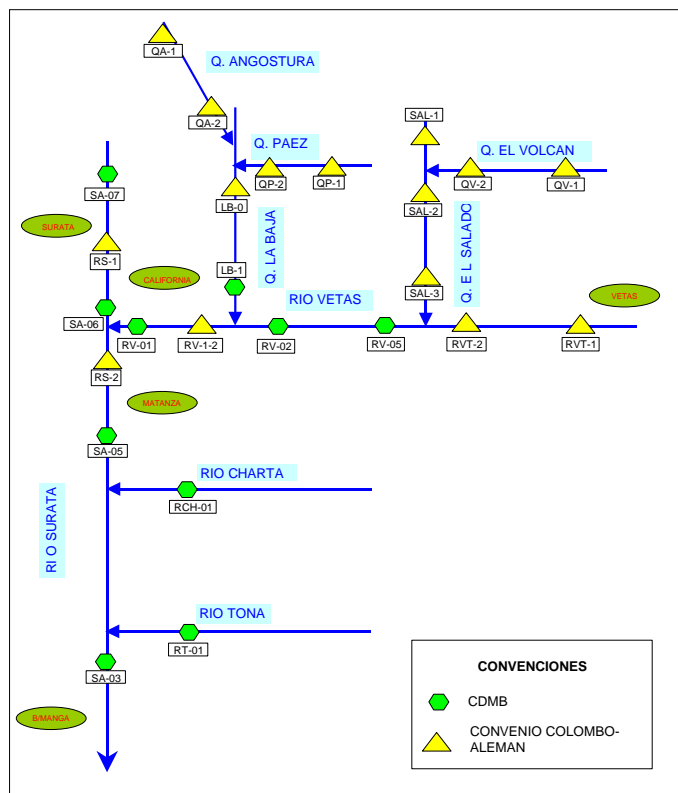
De acuerdo a los balances hídricos del estudio “Complejo Lagunar Santurbán (CDMB & Biocolombia)” y a los aquí presentados se puede establecer que el área de estudio presenta condiciones higrofiticas, esto es, que en ninguno de los meses del año se presenta déficit de agua y por el contrario existe un superávit hídrico que además debe ser incrementado con un considerable volumen de agua proveniente de la denominada “precipitación Horizontal” o sea la que proviene de nubes y nieblas rasantes que se condensan en el follaje, ramas y troncos de la vegetación y se incorpora a los ecosistemas. Esta situación se expresa en la fisionomía de la vegetación, que muestra un bosque siempreverde, con un elevado epifitismo, y , en el crecido número de cursos de agua que tienen su origen dentro del área de estudio lo cual le da una importancia especial desde el punto de vista de su función en la producción y regulación hídrica, siendo de destacar su papel relevante de estrella fluvial.

### 2.2.2.4 CALIDAD DE AGUAS

#### 2.2.2.4.1 Cuenca Surata Alto

De acuerdo al POA (2002), para evaluar la calidad del agua en la cuenca alta del río Surata se utilizó la información de los sitios de muestreo SA-05, SA-06 y SA-07, localizados el primero aguas abajo de la confluencia del río Vetas y los restantes aguas arriba de la confluencia del río Vetas y siendo SA-07, la estación de más aguas arriba, como se muestra en la Figura 39.

Figura 39. Localización de estaciones de calidad de aguas



#### **Estación SA-07 Uña de Gato**

Los valores de oxígeno disuelto son siempre superiores a 7 mg/l valor que representa el 90% de saturación, e indicadores de ausencia de carga orgánica o de muy buena calidad del agua, lo cual se comprueba con el registro de DBO inferior a 2 mg/l en todos los muestreos realizados. De manera similar, los valores de sólidos totales, turbiedad y nutrientes reflejan una calidad excelente desde el punto de vista físico - químico.

En lo referente a calidad bacteriológica, todas las muestras reflejan valores inferiores a  $10^5$  coliformes fecales en 100 ml, valores que aunque indicadores de contaminación, no indican la presencia de descargas de aguas residuales domésticas.

#### **Estación SA-06 Puente Panega**

Los valores de oxígeno disuelto y  $DBO_5$  son indicadores de una excelente calidad de agua, lo mismo que los valores de nutrientes, turbiedad, sólidos totales y pH.

Los indicadores de contaminación bacteriológica (46000 coliformes en 100 ml) reflejan la presencia de descargas de aguas residuales domésticas del municipio de Suratá.

#### **Estación SA-05 la Playa**

En esta estación debería identificarse el efecto de la contaminación del río Vetás sobre el río Suratá, por encontrarse aguas abajo de la confluencia. Desde el punto de vista orgánico, la DBO tiene valores muy bajos, en general inferiores a 5 mg/l, indicativos de muy buena calidad, y el oxígeno disuelto está siempre por encima de 7 mg/l indicando una tendencia a la saturación y muy buena calidad de agua. Los valores de nutrientes no reflejan contaminación por aguas residuales domésticas debido a la dilución lograda y a la autorecuperación de la corriente.

Los valores de mercurio total en sedimentos reportados en 1999 muestran valores entre 3 y 12 microgramos por metro cúbico, indicativos de contaminación provocada por la minería en la cuenca del río Vetás; los registros de cianuro total en agua muestran valores del orden de 0.01 mg/l, que no representan mayor riesgo para la población (límite admisible 0.05 mg/l en agua potable), pero que pueden haber afectado la fauna íctica del río Suratá, hoy casi totalmente extinta.

#### **2.2.2.4.2 Cuenca Vetás**

De acuerdo al POA Vetás 2002, la calidad de las aguas en la cuenca del río Vetás es ampliamente afectada por la explotación de oro en diferentes partes de la cuenca. El origen de la contaminación es la descarga de arena cianurada producto del beneficio del material explotado para la extracción del oro; de acuerdo con CDMB el promedio de descarga mensual es de 663 m<sup>3</sup>, con máximos mensuales de 1110 en 1.996 y mínimos de 283 en 1.998; esta reducción en la descarga se ha logrado en buena parte debido a la implantación de una programación de descargas de arenas cianuradas a los cauces.

Para analizar la calidad del agua en el río Vetás se utiliza la información suministrada por CDMB<sup>1</sup> y CAMB<sup>2</sup>, y la aportada por el Convenio de Cooperación Técnica Colombo – Alemán (1). En la Figura 40 se muestra de manera esquemática la localización de los puntos de muestreo.

---

<sup>1</sup> CDMB. Informe evaluativo zona minera. Subdirección de normatización y calidad ambiental. Bucaramanga, Julio de 1999

### Calidad de aguas en la parte alta

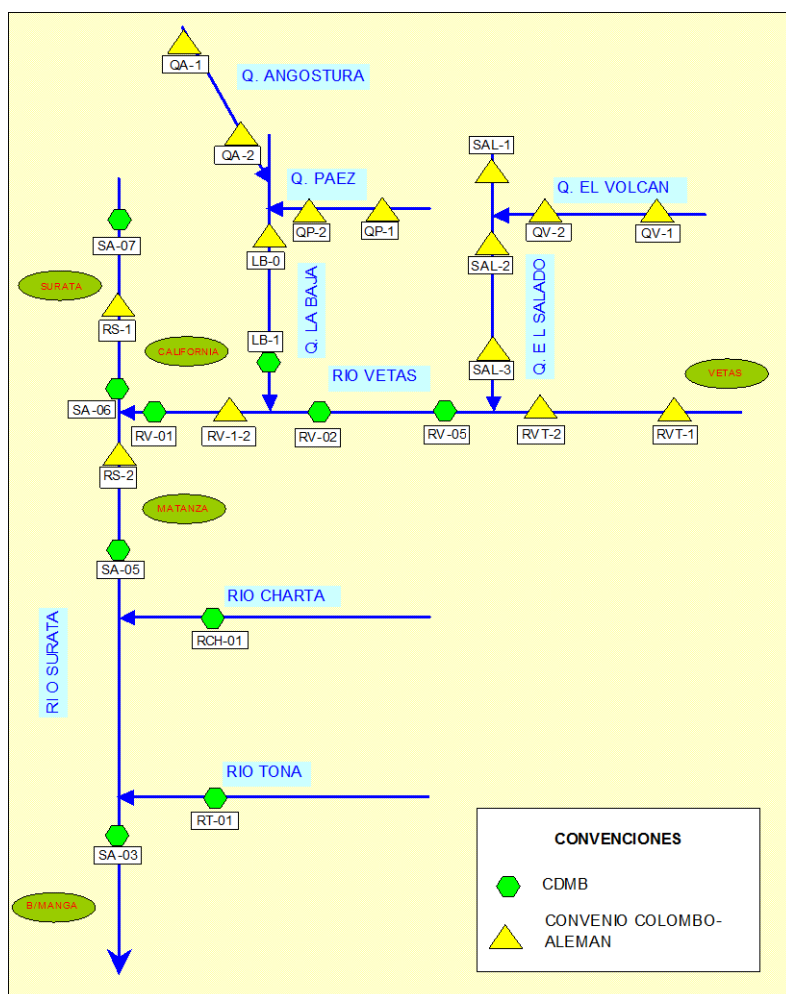
Con el fin de analizar la calidad del agua en ausencia de vertimientos contaminantes, se utiliza la información obtenida y procesada por el convenio de Cooperación Técnica Colombo – Alemana, se muestran los resultados de los análisis realizados en áreas inalteradas de las corrientes de la cuenca, en el muestreo puntual de octubre de 1.998.

El análisis de las estaciones SAL-1 (quebrada El Salado), QV-1 (quebrada El Volcán) y RVT-1 (Río Vetás) en el muestreo puntual muestra aguas con bajos niveles de turbiedad y sólidos suspendidos, ausencia total de cianuros y mercurio y valores bajos ( $< 10^5$ ) de coliformes totales y bajos ( $< 10^4$ ) de coliformes fecales; en general, aguas de muy buena calidad no contaminadas con aguas residuales domesticas (nitrógeno amoniacal muy bajo).

### Calidad del agua en la zona minera de Vetás

Para analizar la calidad del agua en la zona minera de vetas utilizamos la información del Convenio de las estaciones QV2 (Quebrada El Volcán), SAL 2 y 3 (Quebrada El Salado), RVT-2 (Río Vetás) y RV-5 (Río Vetás); la última estación forma parte de la red CDMB de monitoreo.

Figura 40 Estaciones de monitoreo de calidad del agua



<sup>2</sup> CAMB. Informe Control de Calidad del río Surata, año 1997. Bucaramanga, marzo de 1998

### **Mercurio**

En los resultados se observa que de manera general se excede el valor mínimo permisible de mercurio (2 µg/l) (0.002 mg/l) y que los valores encontrados son 2000 veces más de lo normalmente aceptado como no contaminado en la legislación internacional (1 ppb (0.001 µg/l)). Desde el punto de vista de la potabilidad las normas colombianas permiten 0.002 mg/l (2 µg/l), (Agua segura decreto 475 de 1.998 Art. 37), por lo tanto, es claro que los resultados exceden las normas colombianas de potabilidad.

En el punto RV-5, la concentración de mercurio tuvo un promedio en 1998 de 55 µg/l, valor que es representativo de una altísima contaminación, también debe notarse la presencia de picos con valores superiores a 95 µg/l durante los meses de febrero, marzo y abril de 1.998.

Sin embargo, se analiza la variación en las concentraciones de mercurio desde 1.998 a 1.999 se observa que en 1999 no se presentaron picos o valores máximos superiores a 50 µg/l y que el promedio en 1.999 bajó a 13.75 µg/l en el año y a 4.33 µg/l en los últimos cuatro meses de 1.999, en buena parte, debido a la implantación de tecnologías más limpias de beneficio del oro. También es posible comprobar que la concentración disminuye en épocas de caudales altos, debido a la mayor capacidad de dilución de la corriente.

### **Cianuro**

En el punto RV-5, aguas abajo de la confluencia de la quebrada El Salado se tiene información del año 1.998 y el 1.999; los valores de cianuro total fueron en 1.998 del orden de 0.60 mg/l, valor que excede las normas de potabilidad o habilidad del agua para ser tratada para consumo humano (fuente) (0.2 mg/l). En el año 1999 los valores de cianuro total tuvieron una media de 0.85 mg/l, valor que excede los límites permisibles establecidos.

### **Calidad del agua en la zona media**

Esta parte del río se analiza con la información de la estación CDMB RV-02, localizada aguas arriba de la confluencia de la quebrada La Baja;

### **Mercurio**

En lo referente a mercurio, el promedio en el año 1.998 fue de 14.8 µg/l y en 1.999 de 2.44 µg/l, la disminución en la concentración debe asociarse con mayor dilución aportada por aguas limpias que confluyen al cauce principal y por sedimentación de los gránulos de mercurio en el cauce.

### **Cianuro**

Los valores de cianuro son sistemáticamente inferiores a los encontrados aguas arriba, lo cual indica que el cianuro se oxida o descompone naturalmente; el promedio en el año 1998 fue de 0.09 mg/l y en 1.999 de 0.04 mg/l, valores que son inferiores a los límites establecidos en la legislación vigente.

### **Mercurio en sedimentos en el río Vetás**



El análisis de mercurio en sedimentos permite estimar el potencial de metilmercurio en una corriente contaminada; de acuerdo con Barrera<sup>3</sup> el 1% del mercurio presente en los sedimentos se transforma en metilmercurio debido a la acción bacteriana. En esta estación se obtuvo un promedio de 17 mg/Kg; si la concentración de sólidos suspendidos es del orden de 300 mg/l y el caudal medio de 0.75 m<sup>3</sup>/s, en un día pueden producirse hasta 0.33 gramos de metilmercurio en el área, valor que puede considerarse despreciable.

De acuerdo con Gradex, en el embalse de Bocas sobre el río Lebrija en el año 1994 se reportaron concentraciones inferiores a 1 mg/Kg de mercurio total, lo cual refleja el efecto de dilución por el aporte de sedimentos de otras partes de la cuenca.

### **Contaminación en la quebrada La Baja**

El análisis se realizó utilizando la información del punto LB-O1 operado por la CDMB, complementado con muestreos parciales realizados por el Convenio Colombo – Alemán en la parte alta de la cuenca.

Aguas arriba de la actividad minera, en las quebradas Angostura y Páez (Puntos QA - 1 y QP - 1) se encuentran aguas de muy baja turbiedad (NTU<15), bajo contenido de sólidos en suspensión (SS<35 mg/l), baja presencia de cianuros (0.001 mg/l) y niveles no detectables de mercurio y otros metales pesados, y niveles muy bajos de contaminación fecal, en general inferior a 1000 NMP/100 ml). Estos datos muestran una muy buena calidad del agua, no sujeta a descargas de aguas residuales mineras, ni domésticas.

Una vez aparece la explotación minera en las cuencas de las quebradas Angostura y Páez, la calidad del agua se deteriora; esto se observa en la información puntual de los sitios de muestreo QA-2 y QP-2, en los cuales los sólidos suspendidos aumentan a niveles de 400 mg/l, los niveles de mercurio detectados son de 3.5 y 1.17 µg/l, al tiempo que aparecen trazas de otros metales como hierro y cobre, y aumenta el valor de los cianuros a 0.015 mg/l.

Al inicio de la quebrada La Baja, aguas debajo de la confluencia de la quebrada Angostura y la quebrada Páez, punto LB-0, la calidad del agua refleja la presencia de la zona minera, con valores de mercurio de 3.15 µg/l, cianuros de 0.01 mg/l y sólidos suspendidos del orden de 600 mg/l. A partir de este punto, se inicia el deterioro significativo de la calidad del agua, asociado con la numerosa presencia de explotaciones y beneficiaderos en la quebrada.

Al final de la quebrada La Baja, antes de su confluencia con el río Vetás, la calidad del agua es la más deteriorada de la cuenca; los niveles de sólidos suspendidos han llegado a 1000 mg/l, el mercurio sube a 10 µg/l y el cianuro total muestra valores del orden de 10 mg/l.

En el monitoreo continuado del punto LB-1 operado por la CDMB durante 1998 y 1999, se reportan valores medios de turbiedad superiores a 300 en 1998 y a 150 mg/l en 1999, sólidos suspendidos mayores de 600 mg/l en 1998 y de 250 mg/l en 1999, valores de mercurio promedio del orden de 17 µg/l en 1998, con picos reportados de 80 µg/l, y medios de 2 µg/l en 1999, con máximos instantáneos de 18 µg/l y valores medios de la concentración de cianuro de 0.47 mg/l

---

<sup>3</sup> Barrera, Sergio. Introducción a la ingeniería ambiental. UNIANDES, 1997

(similar a Río Vetás 05) en 1998 y de 0.12 en 1.999. Los valores de mercurio fueron de 18 µg/l en 1.998 y de 2.9 µg/l en 1.999.

Las cifras reportadas por CDMB muestran una importante y significativa reducción de la carga contaminante en la quebrada La Baja en el período 1998 – 1999, asociada con la implantación de tecnologías más limpias y eficientes, y con la implantación de un sistema de turnos para la descargas de arenas cianuradas al río.

#### **Aporte contaminante del río Vetás al río Suratá**

El aporte total de contaminación por mercurio y cianuro del río Vetás al río Suratá puede establecerse mediante el análisis de la estación CDMB – RV –01. En lo referente a cianuro, en 1.998 el valor medio fue de solo 0.026 mg/l, y en los tres primeros meses de 1.999 un promedio de 0.036 mg/l, con máximos en el período de 15 meses de 0.1 mg/l en Febrero de 1.999; en la misma zona, el Convenio Colombo – Alemán reportó valores puntuales de 1.25 mg/l en Octubre de 1.998.

Para el análisis de mercurio, utilizamos el dato tomado por el Convenio Colombo - Alemán en la estación RV1 en Octubre de 1.998, con un total de 2.48 µg/l, valor que puede tomarse como una referencia del aporte del río Vetás al Suratá ( $\approx 2.5\mu\text{g/l}$ ). El valor de mercurio encontrando corresponde bien al promedio encontrado por la CAMB en el río Suratá en el sitio de la planta de tratamiento de Agua, el cual fue de 1.29 µg/l en promedio en 1997 con valores máximos instantáneos de 13.9 µg/l.

#### **Implicaciones ambientales de la contaminación**

De acuerdo con el análisis realizado por la CAMB, el mercurio no está disuelto en el agua, y se encuentra asociado a la turbiedad y los sedimentos, lo cual permite su fácil remoción mediante el proceso de coagulación y sedimentación de la planta de tratamiento. El cianuro es biodegradado en el río Suratá como lo demuestran los análisis realizados por la CAMB; durante 1.997, en los cuales no se registraron valores superiores al mínimo permisible para potabilidad de 0.2 mg/l.

Teniendo en cuenta que el mercurio está asociado a sedimentos y turbiedad, es razonable entender que los valores máximos se presentan durante los meses de invierno (marzo, abril, septiembre, octubre), meses en los cuales la demanda de agua del sistema Suratá es menor debido a la mayor oferta del sistema Tona - Río Frío.

Con el objeto de determinar la toxicidad del cianuro en la cuenca superior del río Lebrija, el antiguo INDERENA y la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, realizaron un proyecto conjunto de bioensayos estáticos de toxicidad<sup>4</sup>. Como resultado del trabajo sobre la especie *Oreochromis Niloticus* (Tilapia), se estableció una concentración  $CL_{50}^{96}$  (Concentración a la cual muere el 50% de los individuos en un ensayo de 96 horas) de 0.135 mg/l para el cianuro de sodio (NaCN); de acuerdo con el artículo 45 del Decreto 1541 el criterio de calidad para preservación de flora y fauna corresponde al 5% del valor de la concentración  $CL_{50}$ , es decir, que el criterio de calidad aplicable en la cuenca es 0.007 mg/l.

De acuerdo con la información procesada en la cuenca del Río Vetás, los valores registrados de cianuro exceden de manera continua el límite permisible en la quebrada La Baja (LB-01) y en el Río

---

<sup>4</sup> INDERENA. Aguas de Santander

Vetas en los puntos RV-02, RV-05 y RV-01; la afectación producida por la explotación minera es drástica en el río Suratá (SA-03 y 05) en donde los límites se exceden en un amplio porcentaje del registro realizado entre 1.998 y 1.999.

Con base en las anteriores consideraciones es posible concluir que la calidad del agua en el río Suratá sufre un deterioro importante debido a la presencia de la explotación minera y a la forma de manejo de sus residuos; el deterioro no afecta de manera significativa la posibilidad de utilizar el agua para consumo humano, ya que el cianuro es degradado en la corriente hasta niveles inferiores a los límites permisibles para fuentes de agua y el mercurio se encuentra asociado a la turbiedad y los sólidos suspendidos y es por lo tanto removido en el proceso de floculación – sedimentación.

Sin embargo, desde el punto de vista de conservación de la fauna, las descargas residuales de la explotación minera, caracterizadas por la presencia de cianuro que genera niveles superiores a los considerados como máximos para el sostenimiento de la vida acuática, han eliminado de manera radical la fauna íctica del río Suratá, anteriormente caracterizada por la abundante presencia de sabaleta y otras especies de peces.

#### 2.2.2.4.3 Cuenca Río Tona

De acuerdo al POA de la microcuenca del río Tona; la calidad del agua en la microcuenca del río Tona es en general buena, razón por la cual es utilizada como fuente de captación de la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, entidad que opera captaciones en el río Tona y en las quebradas Arnania y Golondrinas, fuentes de las cuales deriva en promedio 1100 lps. El municipio de Tona utiliza agua tomada de un pequeño cauce (indenominado) situado en la parte alta de la cabecera municipal, y varios acueductos veredales utilizan aguas de quebradas de segundo y tercer orden, no reportadas en los listados de concesiones de la CDMB.

La información específica de calidad de aguas tomada y procesada por la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga no fue suministrada a CDMB para el desarrollo del presente estudio; reconocimientos visuales a las fuentes permitieron identificar aguas de muy buena calidad óptica, físico química y biológica en las épocas de verano, y aumentos leves de turbiedad y sólidos durante las crecientes propias de los períodos de invierno.

La Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga opera una red regional de monitoreo de calidad de aguas en la cuenca del río Lebrija cuya información de la estación puente Tona de los años 1998 y 1999 fue suministrada a los Consultores y se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20. Calidad de Agua en el Río Tona

CORRIENTE	Río Tona										
ESTACION	Puente Tona – Confluencia del río Tona al río Suratá										
PARÁMETRO	FECHAS DE MUESTREO										
	1998								1999		
	F	M	A	J	J	A	S	N	F	M	A
Oxígeno Disuelto (ppm)	6.4	7.1	7.4	7.8	7.2	7.1	8	7.6	7.9	7.6	7.6
DBO5 (mg/l)	1.2	3.2	1.1	0.4	0.6	7.6	1.4	1.1	0.5	0.4	1
Nitrógeno Total (mg/l)	1.01	0.68	1.04	0.99	1.16	0.45	1	0.77	0.528	0.69	0.87
Fósforo Total (mg/l)	0.37	0.13	0.06	0.09	0.007	0.09	0.1	0.04	0.05	0.05	0.05
Sólidos Totales (mg/l)	852	204	192	230	232	210	206	120	180	188	152
Turbiedad (UT)	380	8	13	18	17	12	23	6	18	18	5

<b>Colifecales (NMP/100 ml)</b>	2400	430	4600	2400	930	1500	4600	430	930	750	430
<b>PH</b>	8.3	8.1	8	7.8	8.1	8.2	7.5	7.5	8.2	8.2	8.1
<b>Temperatura (°C)</b>	27	27	24	20	24	23	20	22	20	14	20
<b>Caudal (m3/s)</b>	0.056	0.092	1.77	1.54	0.209	0.17	1.47	0.80	1.54	3.41	1.56

Fuente: POA Cuenca Tona

Los valores mostrados en la tabla anterior muestran aguas de excelente calidad, con muy bajos valores de turbiedad y sólidos, altos valores de oxígeno disuelto cercanos a la saturación que garantizan el desarrollo de ictiofauna, y valores de nutrientes representativos de aguas sin contaminación de origen orgánico.

Las aguas residuales del alcantarillado del municipio de Tona son descargadas sin tratamiento al río tona; los resultados de los monitoreos presentados indican que en el sitio Puente Tona el río se ha autorecuperado, eliminando la carga contaminante descargada aguas arriba

### 2.2.3. GEOLOGIA

Para el entorno local del Paramo de Santurbán, el aspecto geológico, no ha presentado ningún cambio trascendental, razón por la cual se recopila la información presentada en los estudios “Marco estratégico para la formulación del plan de manejo ambiental de los ecosistemas compartidos Páramo, subpáramo y bosque alto andino de la unidad biogeográfica de Santurbán en la jurisdicción de la C.D.M.B Y CORPONOR” (2001); y “Estado actual del páramo región nororiental Unidad biogeográfica Santurbán – departamento Norte de Santander Municipios de villa caro, Chitaga, Cachira, Salazar, Arboledas, Cucutilla, pamplona, Mutiscua, Cúcota y Silos” (2009).

Este componente, presenta la descripción del marco geológico regional, las unidades litológicas superficiales y cartografiables y principales estructuras regionales; de ellas se analiza por sectores su distribución espacial y su importancia en la formación de suelos y presencia de depósitos minerales.

#### 2.2.3.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Para dar a conocer la evolución geológica del área de interés se debe tomar un marco regional el cual involucra parte de la formación de la cordillera oriental, a continuación se presentan la evolución de acuerdo por lo expuesto por diversos autores compilada por el Ingeominas.

La Unidad Biogeográfica de Santurbán se encuentra localizada entre las cuencas sedimentarias de Maracaibo y del Valle Medio del Magdalena Medio, que tienen como basamento rocas ígneo-metamórficas del denominado Macizo de Santander localizado al oriente de la Falla de Bucaramanga y al occidente del sistema de Fallas de Chitagá, en la cordillera oriental de Colombia.

A mediados del Proterozoico, el territorio Norte Santandereano formaba parte de un “megaterreno” o provincia tectonoestratigráfica ancestral cuyo basamento se encontraba

conectado probablemente al Escudo de Guayana (Irving, 1971; Tschanz et al., 1974; Kroonenberg, 1982) durante diversas orogenias o bien existía como “terreno alóctono” con respecto a dicho escudo (Etayo et al., 1983; González et al., 1988; Toussaint & Restrepo, 1989).

En este tiempo se desarrolla una cuenca marina (de periferia continental) en la que se depositan sedimentos clásticos con importantes aportes ígneos alcalinos. A finales del Proterozoico (945–680m.a) esta secuencia es deformada, intruida por cuerpos de composición granodiorítica–cuarzomonzonítica y sometida a metamorfismo de alto grado como es el caso de las rocas más antiguas pertenecientes a la Formación Neis de Bucaramanga constituyendo el basamento continental que conforman el llamado Macizo de Santander. El basamento del precámbrico en el Macizo de Santander, representa el zócalo más antiguo de todo el oriente colombiano, lo que explica las características andinas o intracontinentales de las orogenias que afectaron esta región.

Durante el Paleozoico temprano se depositó, sobre paleorelieves erosionados del Proterozoico, una megasecuencia grano–decreciente cíclica de ambientes de talud submarino (Etayo et al., 1983). La Orogenia Caledoniana afectó los depósitos cambro-ordovícicos, produciendo fuertes plegamientos y un metamorfismo de muy bajo a localmente bajo grado hasta la facies esquistos verdes, conformándose la Formación Silgará y la unidad de la secuencia metasedimentaria en el Macizo de Santander; en este lapso ocurre el emplazamiento de intrusivos graníticos y dioríticos (Granito de Durania y afines).

A mediados del Devónico se reanuda la sedimentación pericontinental sobre la margen oriental del Océano Proto-Atlántico; según Etayo et al. (1989), ocurre la depositación de abanicos-deltas y sedimentación marina epicontinental (Formación Floresta); después del hiato estratigráfico en el intervalo Devónico superior-Carbonífero inferior, se sucede el avance de un mar transgresivo (Pensilvaniano-Pérmico). Se inicia una tectónica de fallamiento en respuesta a movimientos epirogénicos que forman relieves de mesas y valles; los avances y retrocesos del mar se suceden en un paisaje árido como lo evidencia la alternancia de sedimentitas rojas y calizas biogénicas (Formación Diamante).

A comienzos del Triásico se inicia la apertura del Paleocaribe por formación de fosa tectónica de hundimiento (graben), con actividad volcánica más o menos intensa que separa a Norte y Suramérica. El “megaterreno ancestral” comienza a fraccionarse, algunas áreas empiezan a hundirse y generando frentes de erosión las cuales sólo se depositaron algunos abanicos aluviales, de los cuales sólo se conservan algunos remanentes, pero por este tiempo el “megaterreno ancestral” se solda (acreciona) al “megaterreno autóctono” (Escudo Guayanés, Toussaint & Restrepo, 1989).

En las fases finales del Triásico y comienzos del Jurásico, se inicia la ruptura de La Pangea mediante un proceso de formación de cuenca intercontinental, cuyas ramificaciones afectan gran parte del Cratón Suramericano (se forman aulacógenos, grábenes y cuencas de tracción), según Maze (1984).

A principios del Jurásico se inicia un proceso de formación de cuencas en lo que hoy son los valles Medio del Magdalena y el del Cesar (Estrada, 1972; Macías et al., 1985; Mojica & Herrera, 1986; Mojica & Franco, 1990). Este proceso se inicia en una franja estrecha dando origen a sedimentitas jurásicas, que por esfuerzos distensivos empieza a hundirse en bloques escalonados, provocado por un fallamiento normal, formándose de esta manera el graben primario.

En lo referente al actual nororiente colombiano, se forman algunas cuencas (Valle Medio del Magdalena, Cesar, Perijá, Mérida, Maracaibo), que fraccionan el “megaterreno ancestral” por

hundimiento en bloques escalonados siguiendo un patrón en zig-zag, limitado por dos sistemas de falla, uno N-NE y otro NW-SE que lo desplaza, cuyo elemento principal es la Falla de Bucaramanga-Santa Marta.

Se suceden breves incursiones marinas (Formación Bocas), seguidas de una sedimentación fluvioacustre, acompañada de un incipiente vulcanismo explosivo que aporta en parte material de relleno de estas cuencas; simultáneamente ocurre la intrusión de cuerpos granodioríticos en el Macizo de Santander (190–160m.a). A finales del Jurásico y comienzos del Cretácico se deposita la potente secuencia fluvial del Grupo Girón; termina la actividad volcánica.

En el Cretácico temprano la sedimentación continental da paso de manera gradual a la transgresión marina, que inicialmente inunda las entradas de las ramificaciones del Paleorift del Magdalena y luego invade áreas mayores (Etayo et al., 1989) como consecuencia de la Orogenia Alpina, depositándose una espesa secuencia con espesores cercanos a los 3.000 metros de areniscas, lutitas y calizas de las formaciones cretácicas en las provincias del Valle Medio del Magdalena, Maracaibo y áreas menores en las provincias de Santander y Mérida; estos depósitos cretáceos se adelgazan hacia el oriente, donde el macizo permitió entradas del océano al este, desde la provincia de García Rovira por el lado del golfo de Maracaibo.

En el Cretácico tardío y comienzos del Terciario, se produce la regresión del mar, acompañado de un levantamiento diferencial. En este tiempo termina la larga etapa distensiva y se produce una inversión de esfuerzos, que desde el Paleoceno da inicio a la etapa compresiva. En el Paleoceno medio ocurre el levantamiento de la provincia del Macizo de Santander. Durante este lapso la erosión remueve gran parte de la megasecuencia cretácica, y aporta el material que forma las diversas y potentes unidades terciarias.

Durante el Mioceno medio se inicia el levantamiento generalizado de la Cordillera Oriental colombiana. En el Mioceno medio-tardío se produce una fase de compresión más intensa, y se forma en la parte occidental del “supraterrano de la Cordillera Oriental”, una cadena plegada cabalgante con vergencia al occidente (Fabre, 1983) y un sistema de cabalgamiento con vergencia hacia el oriente en la región oriental (Bloque de Pamplona). Esto hace que el “terreno Santander” se comporte como un horst cuyos flancos oriental y occidental cabalgan sobre el “terreno Valle Medio del Magdalena” al occidente y “terrenos Maracaibo y Llanos” al oriente (Fabre, 1983; Toussaint & Restrepo, 1989; Toussaint et al., 1992).

Luego de un breve lapso distensivo durante el cual se produce fallamiento normal, durante el Mioceno tardío y el Plioceno, la Falla Bucaramanga-Santa Marta, tuvo su desplazamiento de rumbo sinistral de aproximadamente 100km (Boinet et al., 1989). La última fase compresiva en la Cordillera Oriental se produce desde el Mioceno tardío y se continúa hasta el presente (Boinet, et al., 1985), generada por el desplazamiento de la placa Suramericana hacia el occidente (sistema de Falla de Chitagá-Boconó).

A finales del terciario y principios del cuaternario se presentaron levantamientos considerables del bloque localizado al este de la falla de Bucaramanga, a esta actividad tectónica reciente se pueden asociar los sistemas de fallas transversales a las fallas de orientación sur-norte que afectan principalmente a las rocas cretáceas, los deshielos glaciares generaron algunos depósitos de *morrenas* principalmente el de las quebradas El Salado, Agua Tendida, Piedrahilada y Cuntas, aguas abajo de las cuales se encuentran pequeñas terrazas coluvio-aluviales destacándose las de Móngora y la de la quebrada La Baja. Dentro de los principales rasgos geológicos que se presentan en ésta subregión, se tienen los cerros de composición ígneo-metamórfica y el sistema de fallas de

dirección sur–norte que los separan y afectan principalmente las rocas ígneo–metamórficas del macizo de Santander.

### **2.2.3.2 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS**

En el área establecida para caracterizar la Unidad Biogeográfica de Santurbán las unidades lito–estratigráficas que afloran corresponden a rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias con edades que varían desde el Proterozoico superior hasta el Holoceno. Las unidades litoestratigráficas definidas para el área de estudio pertenecen a la cuenca del Valle Medio del Magdalena y la cuenca Catatumbo – Maracaibo (Figura 3.14).

A continuación, se hace una descripción de cada unidad litoestratigráfica que aflora en el área de influencia y sus alrededores:

#### **Precámbrico [4000 – 542m.a]**

##### Neis de Bucaramanga (pEb)

Nombre propuesto por Goldsmith et al. (1971 en Ward et al., 1973), para el conjunto de rocas cristalinas de edad Precámbrico que aflora en la unidad biogeográfica de Santurbán. Se localiza al oriente del sistema de fallas Bucaramanga–Santa Marta, siendo su límite occidental fallado en dirección N30°W; de acuerdo a Mancera y Salamanca (1993); en el límite SW del municipio de Arboledas hacia la parte central del área de estudio, en el sector occidental y SW del municipio de Cucutilla, en el límite NW del municipio de Mutiscua hacia el sector sur del área de estudio, al sur del casco urbano hacia el límite del municipio de Pamplona, al occidente y al norte del casco urbano del municipio de Cácuta.

Esta unidad consta de rocas metamórficas de alto grado, con fábrica orientada y textura gruesa a media. La foliación tiene orientación variable, indicativa de perturbaciones tectónicas severas, aunque con ligera tendencia hacia el noreste en la dirección del buzamiento de la foliación. Está compuesta principalmente de neis semipelítico, neis hornbléndico, anfibolita, esquisto y cantidades subordinadas de mármol, incluyendo también zonas de migmatitas (Ward et al., 1973), siendo posible la existencia de rocas cataclásticas cerca a los planos de las fallas principales.

La zona de migmatitas es de dos tipos: una de paraneis color gris verdoso y alternancia de bandas máficas, principalmente anfibólicas y bandas félsicas cuarzo–feldespáticas mezclado con rocas graníticas néisicas; y otra en que estas rocas son cortadas por masas pequeñas de granito no foliado de edad mucho más joven.

Al SW en el flanco occidental de la Falla de Cucutilla hacia el límite occidental del municipio del mismo nombre en la parte central del área de estudio, se localiza esta formación compuesta por neis biotítico – hornbléndico y numerosas masas pequeñas de ortoneis (pEbh).

Ward et al. (1973), le han asignado al Neis de Bucaramanga una edad de 940 a 945 m.a, debido a que puede reflejar el ciclo de orogenia del Pre–Cámbrico.

El principal uso de esta roca metamórfica es ornamental en la industria de la construcción; los minerales asociados como la hornblenda y anfíboles son utilizados como material asbestiforme, los feldespatos y las plagioclasas son usados en la industria de la cerámica.

#### **Paleozoico [542 – 251m.a]: Cámbrico – Ordovícico [542 – 443m.a]**



### Ortoneis (pDo)

Esta formación aflora en la unidad biogeográfica de Santurbán, en el límite NW del municipio de Arboledas hacia la parte central del área de estudio; hacia el sector NW, en el límite sur y SW del municipio de Cucutilla en donde se pone en contacto al oeste con la Formación Neis de Bucaramanga. Hacia el límite SW en el sector central y oriental del municipio de Mutiscua, al occidente y centro-sur del municipio de Pamplona y al norte del municipio de Silos, hacia el sector sur del área de estudio; en donde se pone en contacto con la Formación Silgará.

Corresponde a rocas metamórficas de medio y alto grado de origen ígneo color blanco ha rosado constituido esencialmente por plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico, que varían en composición desde granito a tonalita pero con predominio de cuarzomonzonita y granodiorita. Estas rocas son en general masivas, aunque aisladamente pueden presentar foliación y pequeños cuerpos hornbléndicos.

Debido a su aspecto masivo y a la ausencia de estratificación, Ward et al. (1973), suponen un origen ígneo intrusivo primario y lo clasifican como Ortoneis.

En el área de estudio, está representado separadamente en franjas falladas con dirección norte-sur, ampliamente distribuido donde la unidad presenta fuerte control estructural, representado por las fallas de tipo inverso y de cabalgamiento como la Falla Ventanas.

La edad del Ortoneis es muy discutida, según Ward en 1973 basado en relaciones de campo determinó que la unidad intruye a la Formación Silgará y al Neis de Bucaramanga y referenciado en estudios radiométricos determinó una edad de 450 m.a + 80 m.a considerando que la unidad puede variar en edad desde el Precámbrico hasta el Predevónico.

### Formación Silgará (pDs)

Esta formación toma el nombre de la quebrada Silgará, al sur del río Cachirí donde aflora en una franja de 15km de ancho (Ward, 1973), consiste de rocas metamórficas de grado bajo a medio, principalmente cuarcitas y filitas con estratificación delgada, metalimolitas, metagrauwacas, pizarras, esquistos cuarzomícáceos y algunos mármoles. En el área de estudio fue identificada en varias franjas generalmente intruidas por Ortoneis, así como por cuerpos intrusivos del Triásico – Jurásico.

Se reconoce al norte del casco urbano del municipio de Villacaro y del área de estudio, en el límite SE del municipio de Cáchira, al sur y en el límite SW del municipio de Cucutilla, hacia el sector centro – occidental del municipio de Mutiscua, al occidente y centro-sur del municipio de Pamplona hacia el sector sur del área de estudio, al NW del municipio de Cácuta. Al norte y SW del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio, donde se encuentra principalmente intruida por la cuarzomonzonita de Santa Bárbara; en este sector la Formación Silgará está constituida principalmente por esquistos cuarzo-micáceos, con algunas interposiciones de cuarcitas y filitas, se presenta con un gran plegamiento, ya que buza tanto al oeste como al este y con una orientación preferencial noroeste; en este sector la Formación Silgará presenta manifestaciones minerales de mármol, hierro y piromorfita.

Se ha determinado una edad pre-Devónica para la Formación Silgará y que su metamorfismo ocurrió durante los 410 a 450m.a (Goldsmit et al., 1971).

La Formación Silgará presenta niveles de esquistos con un alto potencial para uso ornamental, además lleva frecuentemente minerales accesorios tales como granate (para papel abrasivo o



como gema barata), andalucita, cianita y sillimanita (para bujías de encendido y cerámicas refractarias), mica muscovita (en polvo para darle brillo al papel de colgadura, como lubricante mezclada con aceites, como aislante de calor y como material incombustible); algunos niveles de esquistos se utilizan como enchapes para fachadas.

### **Silúrico – Devónico [443 – 357m.a]**

#### Granito de Durania (Dg)

Hace parte del grupo de las plutonitas ácidas del Paleozoico (Pzpa), de composición predominantemente granítica de tipo muscovítico en pegmatitas con variaciones de composición monzonítica, tonalítica y diorítica, de color blanco a rosado de grano medio a grueso con presencia de feldespatos los cuales pueden tener algún interés mineralógico como materia prima en la industria minera. Según Cordani (en Etayo et al., 1983), estas rocas son del Silúrico-Devónico superior, basado en una datación radiométrica K/Ar de  $394 \pm 23$ m.a.

Se reconoce en el municipio de Salazar hacia el límite NE del área de estudio, al occidente del casco urbano en el sector centro – sur del municipio de Pamplona, al occidente del casco urbano y al norte del municipio de Cácuta.

#### Formación Floresta (Df)

El término Floresta originalmente fue creado por Olsson & Ramírez (en Hubach, 1957); luego fue estudiado como Formación Floresta por Botero (1950), posteriormente fue redefinido como miembro Floresta por Cediel (1969) y últimamente elevado al rango de Formación Floresta (Mojica & Villarroel, 1984).

Se presenta al sur del casco urbano en una franja en la parte central del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio. En el municipio de Silos, esta formación aflora en las veredas de Cábara, Tarabotá, Belén, Centro y Bata; con buenos afloramientos de mármol al SE del casco urbano sobre la cuchilla Concáceres y en la vereda Cábara. También se presentan buenos afloramientos en el sector de Antalá en franjas angostas con dirección NE sobre el río Mataperros.

Consiste en metasedimentitas de bajo grado, constituida por una sucesión replegada de rocas sedimentarias las cuales fueron afectadas por un metamorfismo de bajo a muy bajo grado; la formación está compuesta por pizarras verdosas grisáceas con mármoles.

### **Carbonífero – Pérmico [357 – 251m.a]**

#### Formación Diamante (PCd)

La secuencia estratigráfica de esta unidad corresponde a la parte inferior de la Serie Surata, descrita brevemente por P. Merritt (en Dickey, 1941); dicho intervalo fue luego estudiado por Navas (1962) y posteriormente redefinido como Formación Diamante por Ward et al. (1973). Esta unidad tiene por sección tipo el área al norte de Bucaramanga y su nombre se deriva de las canteras de Cementos Diamante S.A, donde se explotan las calizas de esta unidad para la industria cementera. Se reconoce al SE del casco urbano del municipio de Mutiscua hacia el sector sur del área de estudio, en el sector centro – oriental del municipio de Silos y en el límite sur del área de estudio.

La Formación Diamante consta de una secuencia que presenta una parte basal compuesta por arenisca gris púrpura, de grano fino a medio y localmente de grano grueso a conglomerático; una parte media con lodolita gris oscura e intercalaciones de caliza del mismo color, y hacia la parte superior se conforma de caliza gris oscura, ligeramente arcillosa con delgadas intercalaciones de arcillolitas y areniscas grises a rojo grisáceas. Las características faciales y paleontológicas indican

que los sedimentos generadores de esta unidad se formaron en un ambiente epicontinental (Clavijo, et al., 1993); el espesor aproximado es de 550 m (Navas, 1962).

La Formación Diamante reposa en aparente discontinuidad estratigráfica sobre la Formación Floresta e infrayace discordantemente a la Formación Tiburón. Las edades de los fósiles de esta unidad van desde el Pensilvaniano medio al Pérmico medio (Ward, et al., 1973; Rabe, 1974). Esta unidad se correlaciona tanto litológicamente como cronoestratigráficamente con las unidades tales como calizas de Manaure, Palmarito, Paleozoico del Río Nevado, Paleozoico de Confines y Cucho del Carbonífero-Pérmico, presentes en los departamentos del Cesar, Santander, Norte de Santander y Boyacá.

### **Mesozoico [251 – 65m.a]: Triásico – Jurásico [251 – 142m.a]**

#### **Formación Bocas (TRb)**

Definida por Dickey (1941), como la Serie Bocas. Ward et al. (1973), le dan el nombre de Formación Bocas. La sección tipo se localiza en el sector comprendido entre Puente Tierra y la inspección de Bocas, por la carretera a Rionegro (Tomado de Ward et al., 1973). Se reconocen al SE del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio, donde estas rocas están en contacto fallado con las Formaciones Girón y Floresta.

Está constituida por limolitas calcáreas, de grano fino, de colores gris verdoso y pardo rojizo, ocasionalmente en capas de 1m de espesor; también contiene limolitas grises verdosas, calcáreas, delgadas, con nódulos calcáreos grises de 4mm de diámetro, conglomerados con cantos redondeados, calizas grises y cuarzo en una matriz arenosa calcárea (Ward et al., 1973). Además presenta conglomerados polimícticos con espesores que varían entre 15 y 20 m, de colores gris verdosos, duros, masivos, con gránulos y guijos subredondeados a subangulares de caliza gris, shale gris oscuro, feldespato y cuarzo, con tamaños que varían de 2 mm en promedio hasta 10 mm, incluidos dentro de una matriz arenosa, calcárea, gris verdosa.

Se observan areniscas de grano grueso a conglomeráticas, pardo verdosas, con granos subangulares a subredondeados compuestos por cuarzo y feldespato principalmente que conforman el 70% de la roca, la matriz es del 20% y el cemento silíceo es del 10% y su espesor varía de 1 a 3 m. Presenta niveles de arcillolitas ligeramente duras a físis, de colores gris verdoso a gris azulado, silíceas, ligeramente calcáreas, con pirita, micas y restos de plantas, cuyos espesores varían entre 6 y 8 m. Se aprecian también, limolitas ligeramente calcáreas, gris verdosas a pardo rojizas, con pequeñas concreciones de hasta 1 cm, calcáreas, de color gris a negro, arcillosas, micáceas, masivas, de dureza media a alta, con espesores entre los 7 y 20 m.

Según Ward et al. (1973), el espesor de esta unidad es de aproximadamente 590m y por criterios estratigráficos le asignan una edad Triásica.

#### **Cuarzomonzonita de Santa Bárbara (Jcs)**

Corresponde a una roca ígnea intrusiva tipo cuarzomonzonita, inequigranular de grano medio a grueso, compuesta por feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo y biotita, que forma parte del Batolito de Santa Bárbara. Se encuentran grandes afloramientos, pero muy meteorizados, produciendo un suelo poroso y granular (arenoso), con pendientes moderadas a bajas y lomas redondeadas. Se reconoce en el límite centro – occidental del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio.

Estas rocas ígneas dada su composición podrían ser mena de minerales como cuarzo, plagioclasas y feldespato potásico para productos cerámicos y sus minerales accesorios tienen diferentes usos:

el apatito es fuente de fosfatos, la esfena como fuente de óxido de Titanio y pigmento en pintura y el circón para la elaboración de productos refractarios o como gema.

#### Cuarzomonzonita y Granito (Jcg)

Rocas ígneas de composición cuarzomonzonítica principalmente con variaciones locales a granito y granodiorita (alaskítica); la cuarzomonzonita de color gris claro a rosado pálido, biotítica y muscovítica, de grano fino, localmente de grano medio, equigranular a subporfírica, compuesta de cuarzo gris, plagioclasa blanca y feldespato potásico (es micropertita en vez de microclina) en cantidades más o menos iguales.

En la zona estas rocas ígneas presentan una meteorización que varía entre media y alta, y un bajo grado de fracturamiento produciendo suelos residuales arenosos. En el área de estudio aflora como pequeños cuerpos intrusivos en el límite SE del municipio de Cáchira, también aparece en un pequeño sector al occidente del municipio de Pamplona.

Las dataciones radiométricas efectuadas en varios de estos cuerpos plutónicos dieron edades comprendidas entre  $172 \pm 7$  m.a. y  $195 \pm 7$  m.a (Goldsmith et al., 1971) que indican una edad del Jurásico inferior a medio.

Como fuente de agregados pétreos para la industria de la construcción, además como fuente de feldespatos y plagioclasas para la industria de la cerámica.

#### Intrusivo del Río Tarra (Jgd)

Formado por rocas intrusivas que constituyen batolitos y plutones ácidos principalmente de granodiorita color gris con variaciones a cuarzodiorita y cuarzomonzonita, constituido por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita; en el área de estudio aparece en un pequeño sector únicamente hacia el NW del casco urbano del municipio de Villacaro al norte del área de estudio,

#### Volcanitas del Jurásico (Jvr)

Se denomina con este término una alternancia de rocas volcánicas félsicas a intermedias, efusivas y piroclásticas principalmente predominan las de composición riolítica, afaníticas a porfíricas, que infrayacen a las sedimentitas jurásicas; se consideran de edad Jurásico inferior. Se han observado en el páramo de Cáchira y carretera Río de Oro – Aguachica (Boinet, 1985; Mejía & Téllez, 1974); en el área de estudio se reconocen hacia el sur del municipio de Villacaro.

#### Formación Girón (Jg)

Sedimentitas descritas inicialmente por Hetner (1892) como un conjunto grueso de areniscas, conglomerados y limolitas rojas; sin embargo, el estudio más detallado y completo es el de Cedié (1968) como sedimentos mesozoicos precretáceos de la Cordillera Oriental, quien en la sección tipo del río Lebrija la describió como una secuencia de areniscas con intercalaciones periódicas de lutitas rojas y midió un total de 4.650m.

Aflora al occidente del casco urbano y en el límite sur del municipio de Villacaro, hacia el límite oriental del municipio de Cáchira, se presenta en una pequeña área al sur del casco urbano en el sector centro – sur del municipio de Pamplona, al NE del municipio de Cácuta; y al SE del municipio de Silos en el límite sur del área de estudio.

Está compuesta por areniscas de grano medio, grueso a ligeramente conglomerático, de color rojo violáceo, rojo grisáceo y gris verdoso, estratificación cruzada, en capas gruesas; con interestratificaciones de limolitas y lodolitas, de color rojo violeta, grisáceo y algunos niveles

delgados de conglomerados con guijos de cuarzo hasta de 4cm. El ambiente de sedimentación es continental, fluvial a lacustre–fluviátil.

La Formación Girón reposa en discontinuidad estratigráfica sobre la Formación Bocas e infrayace concordantemente a la Formación Tambor (Los Santos), y se encuentra asociada al sinclinal de Angostura; se ha establecido una edad Jurásico superior. Estas rocas son usadas como fuente de arcillas limosas para ladrillos.

### Cretáceo [142 – 65m.a]

Corresponde a sedimentitas que se encuentran ampliamente distribuidas en el territorio santandereano; han sido datadas del Cretácico inferior y corresponden a la nomenclatura de la cuenca del Valle Medio del Magdalena y la cuenca Catatumbo – Maracaibo (Figura 41).

**Figura 41** Correlación del Cretácico y Terciario de las cuencas del Valle Medio del Magdalena y Catatumbo – Maracaibo (Adaptado de Ward, et al. 1973); Fuente: Memoria explicativa mapa geológico de Santander escala 1:400.000 del Ingeominas (2001).

REGION		OCCIDENTAL		ORIENTAL	
NOMENCLATURA		CUENCA VALLE DEL RIO MAGDALENA		CUENCA CATATUMBO - MARACAIBO	
E D A D		UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	SIMBOLO	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	SIMBOLO
SISTEMA	SERIE				
CUATERNARIO	PLEISTOCENO	ALUVIONES TERRAZAS	Q <sub>al</sub> Q <sub>tf</sub>	DEPOSITOS ALUVIALES, FLUVIO GLACIARES Y TERRAZAS.	Q <sub>al</sub> Q <sub>tf</sub>
TERCIARIO	PLIOCENO	GRUPO MESA	TQ		
		?			
	MIOCENO	GRUPO REAL	Trmp		
		?			
	OLIGOCENO	GRUPO CHUSPAS	Tom		
		FM. COLORADO			
		FM. MUGROSA	Teo		
		?			
	EOCENO	GRUPO CHORRO	Tpe	FM. CARBONERA	
		FM. ESMERALDAS			
CRETACICO	PALEOCENO	FM. LA PAZ		FM. MIRADOR	π
				FM. LOS CUERVOS	
		FM. LISAMA		FM. BARCO	
				FM. CATATUMBO	
	MAASTRICHTIANO	FM. UMIR	K <sub>com</sub>	FM. COLON - MITOJUAN	K <sub>s</sub>
	CAMPANIANO				
	SANTONIANO	FM. LA LUNA	K <sub>alic</sub>	FM. LA LUNA	
	CONIACIANO				
	TURONIANO	FM. SIMITI	K <sub>al</sub>	FM. CAPACHO	
	CENOMANIANO	FM. TABLAZO	K <sub>al</sub>	FM. AGUARDIENTE	
	ALBIANO	FM. PAJA	K <sub>al</sub>	FM. TIBU - MERCEDES	
	APTIANO				
	BARREMIANO	FM. ROSA BLANCA	K <sub>be h</sub>	FM. RIO NEGRO	K <sub>l</sub>
	HAUTERIVIANO	FM. CUMBRE			
	VALANGINIANO	FM. LOS SANTOS (TAMBOR)			
	BERRIASIANO				
JURASICO		FM. GIRON	J <sub>s</sub>	FM. GIRON	J <sub>s</sub>

### Berriasiano-Hauteriviano

Formación Tambor o Los Santos (Kita / Kis)

Fue definida por primera vez por Cediél (1968) y redefinida por Laverde (1985). Está constituida por areniscas conglomeráticas, lodolitas rojo grisáceas y cuarzoareniscas gris amarillentas, con estratificación cruzada, en capas tabulares de espesores variables; en su localidad tipo, el espesor es de 218m. Estas facies han sido interpretadas como depósitos fluviales acumulados por corrientes trenzadas (Clavijo, 1985; Laverde & Clavijo, 1985; Laverde, 1985). Aflora en la zona central y en pequeñas áreas al SE del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio.

El contacto inferior de esta unidad es una discontinuidad estratigráfica con la Formación Girón, mientras que el contacto superior es concordante con la suprayacente Formación Cumbre. La Formación Los Santos es considerada de edad Berriasiano (Cediél, 1968; Etayo & Rodríguez, 1985). Litológicamente es comparable con la Formación Rionegro de la cuenca de Catatumbo-Maracaibo.

Las areniscas sirven como fuentes puntuales de agregados pétreos y podrían ser mena de minerales como cuarzo para las industrias del cemento del vidrio o para productos cerámicos.

#### Formación Rosa Blanca (Kir)

Descrita originalmente por Wheeler (1929) y estudiada en detalle por Cardozo & Ramírez (1985) en la región de Villa de Leiva (Boyacá) y Gambita (Santander); se encuentra aflorando en una pequeña área de la zona rural del municipio de Silos en la esquina más al sur del área de estudio. Está compuesta en su parte inferior por capas de caliza masiva y yeso, con oolitos, ostrácodos y dolomías; hacia la parte superior consta de areniscas y lodolitas calcáreas, gris oscura. En la parte inferior presenta depósitos evaporíticos como yeso y polihalita que indican una hipersalinidad y tranquilidad en las condiciones de depositación; el resto de la secuencia se depositó en un medio marino somero en condiciones neríticas. El espesor varía de 150 a 425m.

Las relaciones estratigráficas de esta unidad con la infrayacente Formación Cumbre y la suprayacente Formación Paja son concordantes. La edad comprende el intervalo Valanginiano - Hauteriviano (Etayo, 1968; Etayo & Rodríguez, 1985). Litológicamente es comparable con la Formación Tibú-Mercedes del Catatumbo-Maracaibo.

Las calizas sirven como fuentes puntuales de agregados pétreos y podrían ser mena para las industrias del cemento y/o para cal agrícola.

#### Formación Paja (Kip)

Inicialmente descrita por Wheeler (en Morales et al., 1958), su localidad tipo es el cerro Rosablanca al oriente del puente sobre el río Sogamoso; se encuentra aflorando en una pequeña área de la zona rural del municipio de Silos en la esquina más al sur del área de estudio. Esta unidad está constituida por shales negros micáceos, limosos, ligeramente calcáreos con delgada laminación interna, blandas en capas delgadas poco consolidadas y fácilmente erosionables; los niveles inferiores contienen concreciones de caliza, nódulos septareos y venas de calcita. Se estima que su depósito tuvo lugar en un ambiente epicontinental.

La formación no presenta un espesor constante el cual no supera los 50m; es correlacionable con el tope de la Formación Tibú-Mercedes. En la zona esta unidad presenta una meteorización que varía entre media y alta y un bajo grado de fracturamiento, la estratificación presenta una orientación paralela a la de la infrayacente Formación Rosablanca, orientaciones desde noreste hasta oeste con buzamientos preferencialmente hacia el oeste; el límite estratigráfico de esta unidad con la suprayacente Formación Tablazo es concordante. Se le ha asignado una edad que va del Barremiano al Aptiano.

#### Formación Tablazo (Kit)

Descrita por Wheeler (en Morales et al., 1958), la localidad tipo está en el sitio Tablazo, en el puente del cruce del río Sogamoso de la vía Bucaramanga-San Vicente; se encuentra aflorando en una pequeña área de la zona rural del municipio de Silos en la esquina más al sur del área de estudio. La secuencia de esta unidad consiste de calizas gris a negras, fosilíferas, localmente glauconíticas y arcillosas de color negro, con niveles intercalados de arcillolitas grises a gris azulado, calcáreas, fosilíferas, en capas medianas a gruesas, con intercalaciones de arenisca grises, grano fino a medio, arcillosas, levemente calcáreas, en capas delgadas. El ambiente de depósito parece corresponder a condiciones neríticas, pocas profundas. El espesor varía entre 150 y 325 m.

La Formación Tablazo se encuentra en contactos concordantes con la infrayacente Formación Paja y la suprayacente Formación Simití; esta unidad en parte es cronoestratigráficamente correlacionable con las Formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiente. Su edad es considerada del Aptiano superior-Albiano inferior.

#### Formación Rionegro (Kirn)

Este término fue utilizado por primera vez en 1931 por Hedberg (en Julivert et al., 1968) en la serranía de Perijá, Estado de Zulia (Venezuela) y definida su característica detrítica; el rango de formación fue asignado en 1937 por Hedberg & Sass (en Schwarck, 1956). Se encuentra aflorando hacia el límite NE del municipio de Cachira en el sector norte del área de estudio.

Está constituida por areniscas de color gris a gris blanco, de grano fino a grueso, lutitas interestraficadas y arcosas de grano grueso; localmente conglomeráticas; se presenta en capas de pocos centímetros a bancos mayores de 2m de espesor. Según evidencias litológicas la unidad se depositó probablemente en la zona litoral o también pudo haberse depositado en aguas un poco más tranquilas (García et al., 1980; Fabre, 1985). Se le asigna la edad del Valanginiano a Aptiano inferior.

#### **Aptiano-Albiano**

Corresponden a unidades de la nomenclatura de la cuenca de Maracaibo y está representada por la Formaciones Tibú-Mercedes y Aguardiente. Estas unidades por separado fueron descritas en el área de la Concesión Barco como miembros inferior y medio que junto a la Formación Aguardiente conformaban el Grupo Uribante (Kmu, por Notestein et al, 1944); la unidad Kmu se reconoce hacia el límite occidental del municipio de Villacaro al norte del área de estudio, en el sector NW y SW del municipio de Salazar.

#### Formación Tibú-Mercedes (Kitm)

Fueron descritas originalmente por Notestein, F. et al (1944) en las localidades del mismo nombre; se reconocen Hacia el límite NE del municipio de Cáchira, al oriente del municipio de Mutiscua hacia el sector sur del área de estudio, al occidente y sur del casco urbano en el sector centro – sur del municipio de Pamplona; al oriente del casco urbano y al NE del municipio de Cácuta, en el límite NE del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio.

Está constituida por una alternancia de calizas biomicríticas, gris oscuras, localmente arenosas y arcillosas; lodolitas y areniscas gris oscuras, fosilíferas, micáceas. Hacia la parte inferior se encuentran areniscas de grano medio a conglomeráticas, levemente calcáreas, micáceas e interpuestas por capas de lodolitas grises con nódulos ferruginosos. Estos sedimentos se depositaron en un ambiente marino de aguas tranquilas o con corrientes ligeramente reductoras (Fabre, 1981). El espesor es variable entre 80 y 560 m.

Los contactos de la Formación Tibú-Mercedes son concordantes con la infrayacente Formación Río Negro y con la sufrayacente Formación Aguardiente. Con base en estudios paleontológicos, varios autores coinciden en asignarle edad del Aptiano superior a Albiano inferior. Es correlacionable con las Formaciones Rosa Blanca y Paja del Valle Medio del Magdalena; también puede ser equivalente a la Formación Fómeque.

#### Formación Aguardiente (Kia)

Fue considerada originalmente como el miembro superior del Grupo Uribante, pero Sutton (en Julivert et al, 1968) la elevó al rango de Formación Aguardiente; su sección tipo está ubicada en la carretera a cerro Aguardiente, Norte de Santander (Richards, H. 1968). Se reconoce al oriente del municipio de Mutiscua hacia el sector sur del área de estudio, al occidente y sur del casco urbano en el sector centro – sur del municipio de Pamplona; al oriente del casco urbano, al occidente y NE del municipio de Cácuta, en el límite NE del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio.

Consta de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, glauconíticas, color gris claras, con estratificación cruzada, e intercalaciones delgadas de lodolitas grises a negras, carbonosas y micáceas. Para Fabre (1985) la sedimentación de esta unidad representa un frente deltaico. El espesor generalmente varía de 150 a 480 m.

Los contactos de esta unidad son concordantes y bien definidos con la infrayacente Formación Tibú-Mercedes y la suprayacente Formación La Luna. La edad es Aptiano superior-Albiano inferior y medio (Notestein, F. et al, 1944; Trump & Salvador, 1964). Es correlacionable con la parte inferior de la Formación Simití y con la Formación Chipaque del flanco oriental de la Cordillera oriental en el área de la sábana de Bogotá.

#### **Cenomaniano-Turoniano**

De la nomenclatura de la cuenca de Maracaibo, representada por la Formación Capacho.

#### Formación Capacho (Ksc)

Nombre propuesto en 1888 por Sievers (en Julivert et. al, 1968), posteriormente fue redefinida por Sutton (1946), Rod & Maync (1954); se tiene como sección tipo la carretera Sardinata-Gramalote-Lourdes la localidad de referencia para el nororiente colombiano (Richards, 1968). Se reconoce al oriente del municipio de Mutiscua hacia el sector sur del área de estudio, al occidente y sur del casco urbano en el sector centro – sur del municipio de Pamplona, al oriente del casco urbano, al occidente y NE del municipio de Cácuta, en el límite NE del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio.

La parte inferior de la unidad corresponde a lodolitas negras, laminadas, localmente calcáreas, con nódulos calcáreos, con escasas intercalaciones de areniscas de cuarzo, grises, de grano fino y calizas grises, arenosas, fosilíferas, en capas delgadas; la parte media se compone de areniscas de cuarzo, grises, de grano fino, micáceas, localmente glauconíticas, calizas gris oscuras, lumaquéticas, localmente micríticas, en capas medianas y gruesas, con intercalaciones de lodolitas negras, calcáreas, localmente fosilíferas, y la parte superior está constituida principalmente de lodolitas grises con delgadas intercalaciones de calizas grises, arenosas, lumaquéticas y areniscas grises y amarillentas, de grano fino, en capas medianas. Estos sedimentos se depositaron en un ambiente marino de aguas tranquilas, evidenciado por la presencia de gluconita y pellets fosfatizados; el espesor varía entre 350 y 450m.



La Formación Capacho suprayace en contacto concordante a la Formación Aguardiente e igualmente infrayace a la Formación La Luna; es correlacionable en parte con la Formación Simití y con la Formación Chipaque de la Sábana de Bogotá. La edad de la Formación Capacho es considerada del Albiano superior a Turoniano, con base en fauna colectada en Venezuela (Renz, 1959, 1977) y en Colombia (Fabre, 1981).

### **Coniaciano-Maastrichtiano**

Corresponde a las unidades de la nomenclatura de la cuenca de Maracaibo para el área de estudio y está representada por las Formaciones La Luna y Colón-Mito Juan.

#### Formación La Luna (Ksl)

Descrita originalmente en Venezuela (Garner, 1926), es bien conocida en Colombia (Notestein et al, 1944; Morales et al, 1958) cuyo termino fue introducido por geólogos de la Caribbean Petroleum Company para el área de Concesión Barco por Notestein et al. (1944) y Richards (1968). El nombre procede de la quebrada La Luna al NW de Perijá, Zulia (Venezuela); en Norte de Santander tiene sus mejores secciones por las carreteras Pamplona-Cúcuta, Ragonvalia-Oasis, y en la quebrada Agua Sucia. Se reconoce al oriente del municipio de Mutiscua hacia el sector sur del área de estudio, se presenta en una pequeña área al occidente del casco urbano en el sector central del municipio de Pamplona, al occidente del municipio de Cácuta, en el límite NE del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio.

La unidad está constituida por caliza fosilífera (amonites y foraminíferos) gris oscuras, arcillosas, lutitas grises a negras, calcáreas, en capas delgadas; lutitas gris oscuras con delgadas intercalaciones de calizas arcillosas, con grandes concreciones y nódulos discoidales biomicríticos, que alcanzan más de dos metros de diámetro y capas delgadas de chert negro; también capas fosfáticas hacia la parte superior. En el Valle Medio del Magdalena la Formación La Luna se subdivide en tres miembros: el inferior Salada, el intermedio Pujamana y el superior Galembo. Estos sedimentos se depositaron en un ambiente marino de aguas someras (relativamente poco profundas con poca ventilación en el fondo) cercanas al borde externo de la plataforma (restos de peces, pellets, apatito); el espesor varía de 50 a 300 m.

La Formación La Luna descansa concordantemente sobre la Formación Capacho e infrayace en contacto aparentemente normal a la Formación Colón-Mito Juan. Varios autores basados en estudios paleontológicos, la consideran de edad del Turoniano al Santoniano.

En la literatura se han reportado en parte superior de la secuencia niveles de roca fosfórica que no es muy evidente en el área, los niveles lutíticos se han empleado pulverizados en algunas pinturas anti corrosivas y actualmente en el sector de Bulcaré los niveles lutíticos son utilizados como material de recebo para vías.

#### Formación Colón-Mito Juan (Kscm)

Estas unidades fueron definidas separadamente por Liddle (en Julivert et al., 1968) y posteriormente fueron redefinidas por Notestein et al. (1944); por presentar límites estratigráficos algo confusos, se les considera como una sola unidad, denominada Formación Colón-Mito Juan. Se reconocen al oriente del municipio de Mutiscua y en el límite NE del municipio de Silos, hacia el sector sur del área de estudio.

Consta de lodolitas gris oscuras a negras, fosilíferas (foraminíferos), levemente calcáreas, piritosas, con nódulos ferruginosos y algunas capas de calizas grises, lumaquéticas; esta unidad presenta



capas de lodolitas gris verdosas con intercalaciones de limolitas y algunas capas delgadas de carbón hacia la parte alta. Las características faciales de esta unidad indican ambientes contiguos de avances y retrocesos del nivel del mar en depósitos de aguas algo profundas, bajo condiciones anóxicas. El espesor varía de 125 a 645 metros.

El contacto inferior de la Formación Colón-Mito Juan sobre la Formación La Luna es aparentemente concordante, mientras que el contacto superior con la Formación Catatumbo es concordante, pero no siempre está claramente definido como para ser cartografiado. Su edad es considerada del Campaniano superior al Maastrichtiano inferior. Se correlaciona con la Formación Umir; también es comparable con la Formación Guaduas del área de la Sabana de Bogotá.

### **Paleógeno [65 – 23m.a]: Paleoceno-Eoceno [65 – 34m.a]**

#### **Formación Barco (Tpb)**

Descrita originalmente por Notestein, et al (1944) en el flanco oriental del anticlinal de Petrólea en la Sierra Barco (NE del Departamento de Norte de Santander); se localiza al oriente del municipio de Mutiscua hacia el sector sur del área de estudio y al occidente del municipio de Cácuta.

Consta de areniscas cuarzosas de grano fino a medio con estratificación cruzada; alternadas con lodolitas grises oscuras, ligeramente micáceas, carbonosas, que contienen nódulos de siderita; se presentan cintas o capas muy delgadas de carbón hacia la parte alta. El ambiente deposicional parece ser bajo condiciones lagunares deltaicas; el espesor total varía entre 150 y 278 m.

El contacto inferior de la Formación Barco es aparentemente concordante con la Formación Colón-Mito Juan, su contacto superior es concordante con la suprayacente Formación Los Cuervos; es equivalente en parte con la Formación Lisama del Valle Medio del Magdalena. Van Der Hammen (1958) con base en datos palinológicos, le asigna una edad del Paleoceno inferior.

#### **Formación Los Cuervos (Tplc)**

Fue descrita por Notestein et al. (1944) en la Concesión Barco y su sección tipo se encuentra en la quebrada Los Cuervos, afluente del río Catatumbo, arriba de Puerto Barco, Norte de Santander. Aflora al oriente del municipio de Mutiscua hacia el sector sur del área de estudio y al occidente del municipio de Cácuta.

Está constituida en su parte inferior por lodolitas grises a gris oscuras, carbonosas e intercalaciones de areniscas, con algunas capas explotables de carbón; la parte media se compone de areniscas gris amarillentas, cuarzosas, localmente feldespáticas con pequeñas intercalaciones de lodolitas gris oscuras, carbonosas y capas de carbón entre 0,10 y 2,50 m de espesor; en la parte superior presenta lodolitas grises, carbonosas, ligeramente micáceas y ferruginosas, con delgadas intercalaciones de areniscas grises, carbonosas. Se asume que el ambiente de depósito fue transicional (deltaico); su espesor es variable entre 245 y 490 m.

La Formación Los Cuervos descansa concordantemente sobre la Formación Barco; el contacto superior con la Formación Mirador aparentemente es concordante, aunque se ha discutido mucho que localmente es discordante (De Porta et al., 1974). La edad es Paleoceno superior al Eoceno inferior. Esta unidad es correlacionable con la parte superior de la Formación Lisama y parte inferior de la Formación La Paz en el Valle Medio del Magdalena.

### **Cuaternario**

Los depósitos cuaternarios son muy variados en su origen y se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo de los valles de los principales ríos y quebradas.

#### Depósitos Glaciares (Qg)

Se localizan en la parte alta de las cuencas hidrográficas, sobre las quebradas, comprendiendo morrenas subcrecientes caracterizadas por la ausencia de estratificación con cantos y bloques metamórficos subangulares en matriz limoarenosa. Estos depósitos fueron conformados por glaciares de circo localizados en las partes más altas y que posteriormente facilitaron la formación de morrenas de fondo y laterales que actualmente se observan dispuestas en sectores reducidos de pendientes medias en las partes altas, siguiendo estrechas gargantas de la morfología del terreno. Se reconocen hacia el SW del municipio de Cucutilla cerca al límite centro – oriental del área de estudio; en el sector NW del municipio de Mutiscua, cerca al límite NW y al SW del municipio de Silos, hacia el sector sur del área de estudio.

#### Depósitos de terraza y cono de deyección (Qt<sub>f</sub>)

Estos depósitos producto de los deshielos y asociados a flujos de escombros se forman terrazas contiguas a las corrientes; se encuentran al occidente del municipio de Cácuta, al norte del casco urbano y al sur del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio. Están compuestos predominantemente de fragmentos metamórficos e ígneos heterométricos (cantos, guijos, guijarros y gravas) angulares y de esfericidad media, embebidos en una matriz areno – limosa; su espesor puede variar entre 5 y 15 metros. No se recomienda ningún uso específico dada su poca extensión, su función principal es el de constituirse en una zona recarga de acuíferos y pudieron haberse formado por el retrabajamiento de depósitos glaciares más antiguos durante periodos de intensa pluviosidad.

#### Depósitos Aluviales (Qal)

Estos depósitos están compuestos por fragmentos de composición y granulometría muy variable. En general contienen cantos de areniscas silíceas, areniscas conglomeráticas, conglomerados, cuarcitas y lodolitas, como también granito, granodiorita, diorita, gabro, neis y esquisto, en una matriz areno lodosa. El tamaño de los cantos varía desde unos pocos centímetros hasta 1m, con predominio del diámetro de 50cm, de forma subredondeada a redondeada y baja esfericidad. Se localizan en los valles y llanuras de inundación de la red hidrográfica que se desarrolla al occidente del Macizo de Santander que cubren parte de algunas formaciones sedimentarias del Cretácico y del Paleógeno–Neógeno; se encuentran en el límite SE del municipio de Cúcuta, al SW del casco urbano en el sector centro – sur del municipio de Pamplona, al NE del municipio de Cácuta, y al SE del municipio de Silos hacia el sector sur del área de estudio.

#### Depósitos Coluviales (Qc)

Bates y Jackson (1980, en Suárez, 1998), definen los coluviones como masas incoherentes de materiales sueltos y heterogéneos, de suelos y/o fragmentos de roca angulares a subangulares, depositados por la gravedad, lavado de la lluvia, reptación o deslizamiento. Se caracterizan por ser materiales clasto-soportados o matriz-soportados según su origen, el tamaño de grano varía desde grava hasta bloques de 1,5m de diámetro.

Estos depósitos tienen su origen a partir de procesos estructurales y denudacionales los cuales fracturan el material, el cual es transportado a través de corrientes superficiales y depositado cuando la corriente pierde su velocidad. Estos depósitos están conformados por fragmentos angulosos en una matriz areno-arcillosa. Incluyen depósitos de talud y derrubios. Presentan una morfología irregular y espesor variado. Estos depósitos se localizan en forma diseminada o en

sectores aislados hacia el límite oriental del municipio de Cáchira, donde se asienta el casco urbano y al oriente del municipio de Mutiscua, y al occidente del municipio de Cácuta.

### **2.2.3.3 ORIGENES MINERALOGICOS**

La investigación adelantada por Galvis Vergara, J. y publicada en la revista Academia Colombiana de las ciencias, “Una Caldera volcánica en el Macizo de Santander, Colombia” nos recuerda, que las unidades más antiguas de la región California y Vetas son rocas metamórficas parcialmente migmatizadas o granitizadas y granitoides producto del proceso de migmatización.

Las rocas allí presentes son neises feldespáticos, neises cuarzo feldespáticos, neises biotíticos, cuarcitas, anfibolitas, neises anfibólicos y en algunas zonas próximos mármoles. Las metamorfitas mencionadas, están ampliamente expuestas en la vertiente septentrional de la cuenca del Río La Baja, y en los cursos superiores de las quebradas San Antonio, Agua Limpia, Chicacgua, y San Juan. Hay también amplios afloramientos en el curso superior de la Quebrada la Plata, a lo largo del cañón del Río Vetas, en los páramos de Vetas, Páez y Romeral y a lo largo de la carretera que conduce de Vetas al corregimiento de Berlín. En este último sitio hay exposiciones de cuarcitas que forman cuchillas prominentes, mientras que los afloramientos de los neises en áreas de alturas superiores a los 3000 msnm son casi continuos.

Los neises feldespáticos parecen ser producto de metamorfismo de sedimentos pelíticos, los neises cuarzo feldespáticos pueden haberse originado en arcosas y areniscas arcillosas; los neises biotíticos parecen producto de la migmatización incipiente de anfibolitas ya que es frecuente observar biotita remplazando al anfíbol y las anfibolitas parecen producto del metamorfismo de basaltos. Adicionalmente las cuarcitas aun conservan texturas de antiguos sedimentos detríticos, ya que en los metaconglomerados se alcanzan a identificar los guijarros redondeados, mientras que la presencia de los mármoles sugiere que las metamorfitas en cuestión se originaron en sedimentos marinos.

Las metamorfitas antes mencionadas, tanto neises como esquistos se encuentran parcialmente migmatizadas, y aun así se observan rocas metamórficas no afectadas, la típica mezcla de texturas néisicas y granitoides que caracteriza a las migmatitas y rocas de un uniforme aspecto granitoide o pegmatoide. Las migmatitas se pueden observar en magníficas exposiciones en la zona del páramo, donde se observan estructuras migmatíticas como la nebulítica, agmáticas, surreítica, schollen, estictolítica, strogmática, schlieren, etc. Entre las rocas metamórficas que se presentan en California y Vetas, las cuarcitas aparecen como las más refractarias al fenómeno de migmatización, posiblemente debido a que su carencia de aluminio impidió la formación de feldespatos y micas, minerales que se presentan como un producto del ingreso de álcalis en dicho fenómeno. Las rocas granitizadas presentan una composición influenciada por la composición de la roca original; por tanto se presentan granitos alakísticos originados en metaareniscas, granitos anfibolíticos etc.

Hay amplias extensiones de roca totalmente granitizadas en el páramo de Berlín y a lo largo de la carretera que conduce de dicha localidad a Vetas.

Cronologicamente, las siguientes unidades litológicas, expuestas en la zona, son sedimentos rojos y tobáceos del Mesozoico inferior. Generalmente se hallan en forma de espesos prismas de sedimentos detríticos, los cuales no presentan continuidad en sus unidades. Es frecuente encontrar intercalaciones de rocas piroclásticas y en algunas localidades lavas. Hay exposiciones de sedimentos rojos al sureste de California en vecindades de Matanza y al Norte, en el páramo de Cachira.

A los sedimentos y vulcanitas mencionados, sucede una espesa secuencia de sedimentos marinos del Cretáceo, los cuales pueden hallarse reposando sobre los sedimentos rojos, antes referidos, tal como se presentan en Matanza, o sobre unidades litológicas mas antiguas, aun sobre las del Precámbrico, como se encuentran en vecindades de California, en los cursos superiores de las quebradas La Higuera y La Venta. La secuencia de sedimentos marinos del Cretáceo presenta lutitas negras, calizas, cherts, areniscas y algunos niveles de fosforita. Hacia el tope de la secuencia se encuentran sedimentos litorales con algunos mantos de carbón.

Las unidades litológicamente mencionadas, en especial las del precámbrico, se encuentran intruidas por pórfidos riódacíticos y en la Cuchilla de Violetal, al oriente de California, se presenta un domo volcánico. Allí el edificio volcánico se extiende en un área circular de 9 a 10 km<sup>2</sup>. Por fuera de ésta, hay además exposiciones de varias apófisis y diques. Hay una amplia variación textural en las rocas magmáticas que se presentan en la Cuchilla de Violetal y sus alrededores, desde una roca equigranular de composición granodiorítica, tal como se observa en la Quebrada Las Animas, hasta un pórfido riódacítico de matriz gris clara y fenocristales bipiramidales de cuarzo, tal como se observa en la carretera Vetas – California, en cercanías del puente de la quebrada Mongora. También se encuentra en forma de roca totalmente afanítica. En la cuenca superior de la quebrada Choreron, en proximidades de la Cumbre de Violetal, se presenta una brecha volcánica con fragmentos de roca de diversa composición, entre las cuales curiosamente abundan las rocas sedimentarias. En zonas menos erosionadas, especialmente hacia los páramos, se pueden observar depósitos de cenizas y arenas volcánicas.

En la región de Vetas y California se encuentra un pórfido diferente al anteriormente descrito, con fenocristales de feldespatos, láminas de biotita y una matriz muy silíceas. Este pórfido se ve en vecindades de la Mina El Volcán, en algunos sectores de la cuenca de la quebrada La Plata y en algunas zonas del cañon del Rio La Baja. Su presencia coincide con zonas donde el pórfido de Violetal, las zonas de alteración que este produjo y las unidades litológicas del Precámbrico aparecen fracturados, en parte totalmente brechados y con abundantes diaclasas abiertas, lo que sugiere que hayan sido sometidos a esfuerzos distensivos. Todo lo anterior lleva a conjeturar que el pórfido biotítico puede ser producto de un nuevo pulso magmático, posterior al que dio lugar al domo volcánico de Violetal.

Las unidades litológicas mas recientes, se reducen a tilitas, abundantes en las zonas topográficas mas altas, depósitos coluviales a lo largo de los cañones de los ríos La Baja y Vetas y un depósito aluvial en el curso inferior de la Quebrada Mongora.

#### 2.2.3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El nororiente colombiano de Los Andes es un territorio geológicamente complejo y tectónicamente dinámico; su conformación está relacionada con la interacción de las placas tectónicas Nazca, Caribe y Suramérica. El área de Norte de Santander por encontrarse dentro de este dominio, despierta gran interés y genera discusiones sobre su origen y su conformación geológica, en la cual se enmarca el área de estudio que se localiza en uno de los sectores de la Cordillera Oriental más afectados por la tectónica regional, siguiendo el modelo de esfuerzos tectónicos de basculamiento de bloques por fallas asociadas al comportamiento dinámico del Macizo de Santander, permitiendo en algunos de los bloques hundidos la conservación de las rocas cretáceas preservándolas de la erosión.

La tectónica está determinada por una serie de fallas de gran longitud de tipo normal que muestran una dirección predominante NE-SW y NW-SE y que tienen asociadas fallas satélites en todas las direcciones al igual que una serie de lineamientos claramente apreciados y que se reflejan en el grado de fracturamiento de las rocas aflorantes; éste modelo estructural controla el drenaje como se evidencia en varios ríos. En cuanto a la actividad tectónica reciente, no se han encontrado evidencias de desplazamientos de depósitos cuaternarios por acción de las fallas; no obstante, la ubicación de tales depósitos hasta 25m por encima del nivel de aguas máximas y el estar recubriendo gran parte de la traza de las fallas plantea una relación entre su formación y la actividad tectónica. En el área de estudio se destacan los siguientes rasgos estructurales:

Falla de Bábega. Falla de tipo rotacional que recorre la zona con dirección nordeste y termina contra la Falla de Socotá, desplaza la unidad Ortoneis y pasa por el centro poblado de Bábega del cual recibe el nombre, cortando depósitos de tipo coluvión.

Falla de Mutiscua. Falla de tipo inverso, rasgo estructural que tiene incidencia sobre el casco urbano, se extiende desde el norte y recorre el municipio de Mutiscua en dirección norte-sur a través del cauce del río La Plata, con dirección próxima Norte - Sur. La falla permite que las formaciones Floresta y Diamante afloren y se pongan en contacto fallado con rocas de la Formación Silgara. El desplazamiento vertical debido a un fallamiento post-cretáceo se estima de 1000m medidos en el río La Plata. Actualmente se presenta fenómenos de remoción en masa que indican una posible actividad neotectónica de la falla.

Falla de Socotá. Falla de tipo inverso para la cual se estima un desplazamiento mínimo de 1500m, se extiende desde el norte en intersección con la Falla La Laguna con rumbo norte sur a través de la Cuchilla de Socotá y el valle del río Angostura. Esta falla levanta la secuencia cretácea de la cuenca de Maracaibo y pone en contacto rocas del cretáceo superior con rocas del cretáceo inferior.

Falla de Angostura. Falla de tipo inverso con desplazamiento de aproximadamente 1200m al oeste con rumbo norte sur, recorre la Cuchilla Concáceres y se extiende hacia el sur en forma paralela a la falla de Socotá.

Falla La Laguna. Falla de tipo inverso con rumbo NE, se extiende desde Mutiscua y recorre el municipio a través de la quebrada la honda y afecta el centro poblado La Laguna.

Falla de Ventanas. Falla de cabalgamiento constituida por un sistema de fallas que pasan cerca del cerro de ventanas al norte del Río Caraba y recorre la zona con rumbo norte- sur pasando por el alto del tablón. Esta falla inversa de alto ángulo afecta rocas cristalinas desplazando el Ortoneis sobre la Formación Silgará.

Falla Morro Negro. Esta falla de tipo inverso cuyo desplazamiento es del orden de 2300m, traza un arco amplio desde el límite norte hacia el sur del área de Mutiscua y luego hacia el sureste donde intercepta y desplaza la Falla de Chitagá. Su trazo tiene una dirección N 20° W, pone en contacto rocas metamórficas con rocas sedimentarias del Terciario y se localiza sobre el curso de las quebradas Don Antonio y La Asomada. Esta falla muestra rasgos discontinuos, con grado de desarrollo incipiente, permitiendo establecer que de manera preliminar, las características neotectónicas corresponden a una falla potencialmente activa, con baja tasa de actividad.

Falla Alto de Baraya. Falla de tipo inverso con rumbo norte, al entrar al municipio de Silos por el sur en el Alto del Portillo, la falla se ramifica y afecta rocas del cretáceo pertenecientes a la cuenca del Valle Medio Magdalena.

Falla Alto de Guaca. Falla de tipo inverso con dirección NE, dentro del municipio de Silos afecta rocas de la Formación Girón, extendiéndose a través de la quebrada Pajarito y muere cerca de la Falla de angostura.

Falla del Río Perchiquez. Falla de tipo inverso con dirección NE que se extiende desde la Falla de Bucaramanga y penetra al municipio de Silos cortando rocas de la Formación Tambor (Los Santos), Rosa Blanca y Paja pertenecientes a la cuenca del Valle Medio del Magdalena para finalmente terminar en el cauce de la quebrada Mogorontoque.

Falla del Río Charta. Falla en arco que presenta rumbo NW – E, mostrando poco desplazamiento vertical aparente pero con apreciable desplazamiento horizontal lateral izquierdo; la falla se extiende desde el municipio de Charta a través del páramo de Santurbán hasta chocar con la Falla de Ventanas en el río Cáraba afectando la vereda Loatá.

Falla de Pamplona. De tipo inverso, subparalela a la de Morro Negro, pone en contacto rocas Pre-Devónicas de la Formación Silgará con el granito de Durania. Su trazo presenta dirección preferencial N5°E y plano de buzamiento al este; la falla produce un desplazamiento en la vertical estimado en 2500m hacia el sur del municipio de Pamplona y atraviesa el granito de Durania.

Falla del Río Cucutilla. Parte desde la intersección con la Falla del Río Charta en el Sur, atraviesa el Páramo de Santurbán en sentido N30E y se extiende hacia el norte a lo largo del Río Cucutilla hasta la Falla de Mutiscua y Zulasquilla. El desplazamiento de ésta falla es indefinido pues separa rocas de composición similar, se destaca su posible relación con mineralizaciones de oro sobre fallas secundarias asociadas a esta estructura.

Falla de Gramalote. Se extiende desde la Falla de Suratá en el Sur, atraviesa el Macizo de Santander sobre el Boquerón del Alto del Escorial y continúa hacia el Norte con dirección N40-50E siguiendo el cauce del Río Arboledas. Morfológicamente esta estructura divide la zona de estudio en la zona de lagunas norte y la zona sur, constituyendo la zona a lo largo de su trazo en el sector con menor altitud de la cordillera sobre la zona a proteger.

Falla de San Calixto. Es una falla inversa y de cabalgamiento (Clavijo, 1.994); en el área rural del municipio de Villacaro lo atraviesa aproximadamente por el centro en dirección NW, esta falla levanta el bloque oriental con respecto al occidental evidenciado por exponerse rocas metamórficas de edad Paleozoico a la misma altura topográfica que rocas de edad Jurásica a Cretácica, donde se presenta una silla de falla al este de la Peña Las Golondrinas. Presenta un trazo sinuoso característico de falla de cabalgamiento.

Falla La Humareda. Estructura de rumbo con desplazamiento dextral y orientación NW, marca el cauce de la quebrada del mismo nombre; al SW del municipio de Villacaro esta falla fractura la Formación Girón y rocas cretáceas trasladando el bloque sur hacia el sureste.

Falla Sabanitas. Sobre la quebrada del mismo nombre al sur del municipio de Villacaro, es una falla de rumbo con orientación NW satélite de la Falla La Humareda, con desplazamiento horizontal dextral, desplaza el bloque entre dos falla hacia el sureste.

Falla Chorrerón. Falla satélite de la Falla La Humareda, de tipo inverso, la cual rompe estratos subhorizontales de areniscas de la Formación Girón, verticalizando y levantando el paquete duro de areniscas del bloque sur de la falla.

Falla El Alambre. Falla de rumbo, que desplaza el bloque noreste hacia el sureste, alineando a su vez el río Sardinata en el extremo sur del municipio de Villacaro.

Sinclinal de Angostura. Estructura geológica que domina la parte SE del municipio de Silos en las veredas de Potreritos y Belén plegando rocas precretáceas y cretáceas de la cuenca del Valle Medio del Magdalena formando un pliegue apretado simétrico y el eje constituye una falla en el sur, el cual es afectado por numerosas fallas y pliegues menores que cambian el rumbo del eje del sinclinal en el norte donde cambia la dirección al norte-noreste.

Flanco Occidental del Sinclinal Carbonera. Estructura geológica que levanta y pliega la secuencia cretácea de la Cuenca de Maracaibo y pone a buzarse las formaciones al este, este flanco dentro del municipio de Silos se encuentra afectado por la Falla de Socotá la cual corta la secuencia y pone en contacto formaciones del cretáceo inferior con formaciones del cretáceo superior, dando como resultado una morfología de lomas alargadas, constituidas en un gran bloque.

### **2.2.3.5 MINERIA**

La Corporación Autónoma Regional de la Meseta de Bucaramanga, contrato la consultoría No. 7475-04 del año 2011, con la Unión Temporal ambiental para realizar el “Diagnóstico minero y ambiental de la Subcuenca del Río Surata, en los municipios de Tona, Vetás, California, Surata, Matanza y Charta del departamento de Santander, de acuerdo con la metodología establecida por la CDMB”. Dicha consultoría revisó la información secundaria proveniente de dos entidades, por un lado, Ingeominas como Autoridad rectora, y por otro lado, la CDMB como Autoridad Ambiental de Santander. A través de la información recibida de estas entidades se procedió a la verificación y análisis de los expedientes minero ambiental (Planes de Manejo Ambiental, Licencias Ambientales y/o Guías Ambientales) de la zona. Adicionalmente, se estructuró un instrumento idóneo para la recolección de datos en campo, el cual se aplicó a cada uno de los frentes mineros que se encuentran en la Subcuenca del Río Surata en los municipios de Tona, Vetás, Matanza, California, Surata y Charta, legales, ilegales y en proceso de legalización. Para un mayor detalle, puede revisarse la consultoría mencionada, y de la cual se presentan algunos apartes.

### 2.2.3.5.1 Títulos mineros en la subcuenca de surata

El área de títulos mineros vigentes que se encuentra en el Subcuenca del Río Surata que pertenece al Complejo de Páramo Santurbán llega a 11.715,09 hectáreas que equivalen al 18.48% del área de la subcuenca del río Surata (Tabla 21).

Tabla 21. Área Total de los títulos dentro de las microcuencas y en áreas de páramo

Microcuenca	Área (has)	% respecto a el Área microcuenca	% respecto a la subcuenca	% respecto al área de paramo en la microcuenca
Charta	1474,36	18,97%	2,33%	100,00%
Surata Alto	461,65	3,31%	0,73%	23,18%
Tona	1118,81	5,82%	1,76%	75,61%
Vetas	8660,26	55,10%	13,66%	96,23%
Área Total	11715,09		18,48%	

Fuente: Diagnostico Minero y Ambiental de la subcuenca del Río Surata, 2011

Los títulos mineros comprenden el 84,00% del área total que abarca la subcuenca del Río Surata sobre el Complejo de Páramo Santurbán. En cuanto al área de las microcuencas sobre el Complejo de Páramo Santurbán, la microcuenca de Charta tiene un 100% de la misma con títulos mineros y la microcuenca de Vetas posee un 96,23%.

### 2.2.3.5.2 Títulos Mineros en el complejo del Paramo Santurbán

A continuación se presenta la relación de los títulos que se encuentran dentro del Complejo de Páramo Santurbán (Tabla 22), señalando la microcuenca a la que pertenecen, el municipio y el área correspondiente, dada la incidencia que tienen las actividades antrópicas sobre el equilibrio de este sensible ecosistema de páramo.

Tabla 22. Total de área de títulos sobre Complejo de Páramo Santurbán

MICROCUEENCA	CÓDIGO EXPEDIENTE	MUNICIPIOS	ÁREAS (HAS)
Vetas	0032-68	VETAS-SANTANDER	7,838451
Vetas	0050-68	VETAS-SANTANDER	24,623353
Vetas	0072-68	SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	45,087944
Suratá Alto	0073-68	SURATA-SANTANDER\ CUCUTILLA-NORTE SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	19,15302
Vetas	0073-68	SURATA-SANTANDER\ CUCUTILLA-NORTE SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	284,257272
Vetas	0074-68	VETAS-SANTANDER	406,79262
Vetas	0089-68	VETAS-SANTANDER	4,327756



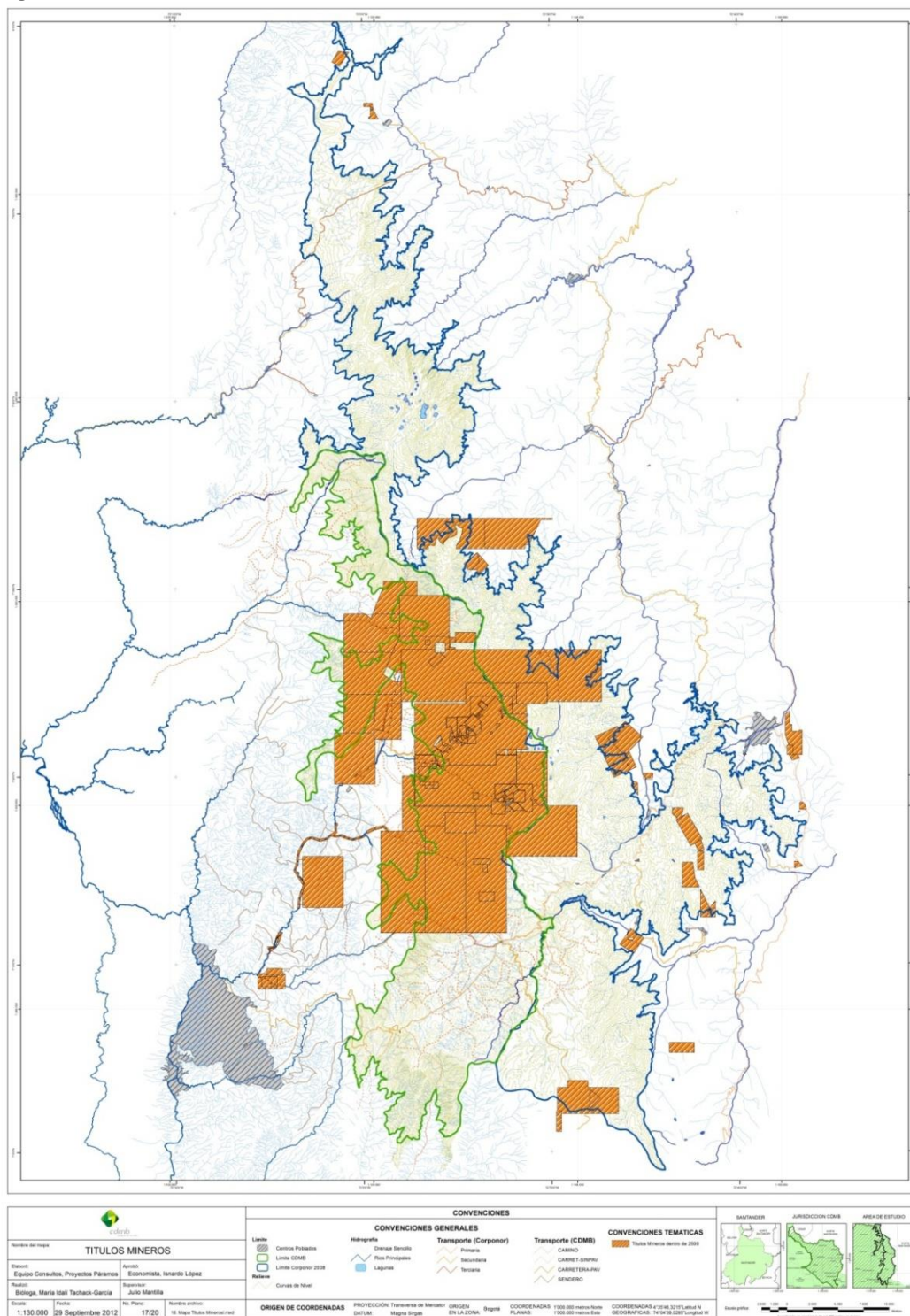
MICROCUEENCA	CÓDIGO EXPEDIENTE	MUNICIPIOS	ÁREAS (HAS)
Vetas	0101-68	CALIFORNIA-SANTANDER	0,692952
Vetas	0127-68	CALIFORNIA-SANTANDER	0,000232
Vetas	0135-68	VETAS-SANTANDER	9,990649
Vetas	0161-68	VETAS-SANTANDER	7,068035
Tona	0288-68	TONA-SANTANDER	47,713875
Vetas	0308-68	VETAS-SANTANDER	7,818595
Vetas	0317-68	VETAS-SANTANDER	0,005927
Vetas	0327-68	VETAS-SANTANDER\ SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	1178,50833
Vetas	0328-68	VETAS-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	99,464125
Charta	0356-68	VETAS-SANTANDER\ SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	138,911627
Vetas	0356-68	VETAS-SANTANDER\ SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	460,846024
Vetas	10395	VETAS-SANTANDER	3,461171
Vetas	13477	VETAS-SANTANDER	80,157996
Vetas	13604	VETAS-SANTANDER	4,534887
Vetas	13625	CALIFORNIA-SANTANDER	13,008454
Vetas	13779	VETAS-SANTANDER	14,98857
Charta	14550	TONA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	11,436461
Vetas	14729	VETAS-SANTANDER\ MUTISCUA-NORTE SANTANDER	55,776859
Vetas	14833	VETAS-SANTANDER	123,827508
Vetas	16725	VETAS-SANTANDER	156,693637
Vetas	17215	VETAS-SANTANDER	8,567558
Vetas	22346	VETAS-SANTANDER\ MUTISCUA-NORTE SANTANDER	1086,8651
Vetas	3451	CALIFORNIA-SANTANDER	27,27508
Suratá Alto	3452	VETAS-SANTANDER\ SURATA-SANTANDER\ CUCUTILLA-NORTE SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	360,446557
Vetas	3452	VETAS-SANTANDER\ SURATA-SANTANDER\ CUCUTILLA-NORTE SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	2058,41799
Vetas	6979	SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	39,997829
Charta	AJ5-142	VETAS-SANTANDER\ TONA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	536,167523

MICROCUEENCA	CÓDIGO EXPEDIENTE	MUNICIPIOS	ÁREAS (HAS)
Tona	AJ5-142	VETAS-SANTANDER\ TONA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	460,800746
Vetas	AJ5-142	VETAS-SANTANDER\ TONA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	1,895108
Charta	AJ5-143	VETAS-SANTANDER\ SILOS-NORTE SANTANDER\ TONA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	690,461223
Tona	AJ5-143	VETAS-SANTANDER\ SILOS-NORTE SANTANDER\ TONA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	610,298948
Vetas	AJ5-143	VETAS-SANTANDER\ SILOS-NORTE SANTANDER\ TONA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	781,49549
Vetas	BA3-093	VETAS-SANTANDER\ SILOS-NORTE SANTANDER\ MUTISCUA-NORTE SANTANDER	1249,63198
Charta	EJ1-164	VETAS-SANTANDER\ SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	18,330924
Vetas	EJ1-164	VETAS-SANTANDER\ SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	255,196118
Suratá Alto	FCC-814	SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	9,739828
Vetas	FCC-814	SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	48,232801
Vetas	GHI-092	VETAS-SANTANDER	67,121019
Vetas	GJ5-111	VETAS-SANTANDER\ SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER\ CHARTA-SANTANDER	31,513542
Vetas	GJ5-115910X	VETAS-SANTANDER	0,001865
Vetas	GJ5-115913X	VETAS-SANTANDER	0,00275
Vetas	GJ5-115916X	VETAS-SANTANDER	0,00662
Vetas	GJ5-115917X	VETAS-SANTANDER	0,749241
Vetas	GJ5-115919X	VETAS-SANTANDER	0,625134
Vetas	GJ5-11591X	VETAS-SANTANDER	0,011893
Vetas	GJ5-11593X	VETAS-SANTANDER	0,000197
Vetas	GJ5-11594X	VETAS-SANTANDER	0,000173
Vetas	GJ5-11595X	VETAS-SANTANDER	0,070524
Vetas	GJ5-11597X	VETAS-SANTANDER	2,130275
Vetas	GJ5-11598X	VETAS-SANTANDER	5,280205
Vetas	GJ5-11599X	VETAS-SANTANDER	0,024485
Suratá Alto	HDB-081	SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	0,881121
Vetas	HDB-081	SURATA-SANTANDER\ CALIFORNIA-SANTANDER	5,376361
Suratá Alto	HKO-09271	SURATA-SANTANDER	71,431708
Charta	ICQ-082715	CHARTA-SANTANDER	79,052515
Área total de títulos sobre el páramo			11715,0868

Fuente: Diagnostico Minero y Ambiental de la subcuenca del Río Suratá, 2011

En la tabla anterior se observa que algunos títulos se encuentran en 2 o más microcuencas debido a su extensión. La tabla también relaciona el área del título en el Complejo de Páramo Santurbán y en la microcuenca, razón por la cual se repiten algunos títulos.

Figura. 42. Títulos Mineros en el Paramo de Santurbán



Fuente: Este Estudio

### 2.2.3.5.3 Títulos Mineros en zonas de exclusión ambiental y demás

El Diagnostico minero y ambiental propuso una zonificación a partir de la valoración de los grados de sensibilidad para la subcuenca del río Suratá, se establecieron cuatro categorías de manejo para la actividad minera, como se indica en la Tabla 23.

Tabla 23. Categorías de zonificación

Categorías de zonificación ambiental	Área (has)	% con respecto a la subcuenca
Áreas de exclusión	27571,2	43,49%
Áreas de intervención	27215,4	42,93%
Áreas de intervención con restricción	8611,5	13,58%
Área Total	63398,2	100,00%

Fuente: Diagnostico Minero y Ambiental de la subcuenca del Río Suratá, 2011

**Áreas de Exclusión.** Zonas que presentan alguna limitación de tipo ambiental, socio-ambiental y/o legal. Las áreas que se contemplan en esta clasificación presentan un alto grado de vulnerabilidad e importancia ambiental y social; donde la exclusión está relacionada con la fragilidad, sensibilidad y funcionalidad socio-ambiental en la zona. Estas áreas o elementos ambientales y sociales no podrán ser intervenidas por ningún tipo de actividad minera, o que su intervención esté condicionada a actividades puntuales por la existencia de infraestructura si la legislación así lo permitiese.

Se considera de exclusión para el desarrollo de actividades mineras los nacimientos y su ronda de protección de 100 metros, aljibes, jagüeyes, pozos de agua construidos por la comunidad, con un radio de protección de 100 metros, bocatomas y escuelas del área de Influencia directa, ecosistemas de páramo. Para la ejecución de las actividades puntuales en dichas áreas, la exclusión está condicionada a respetar las distancias mínimas establecidas y se deberán implementar todas las medidas de manejo ambiental establecidas en los Planes de Manejo Ambiental de manera específica y estricta, para prevenir la afectación de estos elementos sensibles del ambiente. En la categoría de exclusión, no debería existir ninguna actividad antrópica. Tiene un área total sobre la subcuenca de 27.571.2 hectáreas, que equivale al 43.49% del área de la subcuenca. Además, comprende 17.237.67 hectáreas en títulos mineros vigentes, equivalentes al 62.52% del área total de la categoría y 51.91% del área total de los títulos mineros sobre la subcuenca. (Tabla 24 y 25).

Se presentan a continuación las áreas de los títulos presentes en esta categoría y en relación con la microcuenca; por esta razón, varios títulos se pueden observar en varias microcuencas.

Tabla 24. Área títulos mineros vigentes sobre área de exclusión

Microcuenca	Categorías de zonificación ambiental	Área (has) total de la categoría ambiental	Área (has) de los títulos	% respecto subcuenca	% respecto microcuenca	% al total del área de los títulos
Charta	Áreas de exclusión	3363,4	2785,63	4,39%	35,85%	8,39%
Suratá Alto	Áreas de exclusión	4642,8	1595,52	2,52%	11,45%	4,80%
Suratá Bajo	Áreas de exclusión	1981,5	565,87	0,89%	6,60%	1,70%

Tona	Áreas de exclusión	6917,2	2157,87	3,40%	12,39%	6,50%
Vetas	Áreas de exclusión	10666,3	10132,79	15,98%	64,47%	30,51%
Totales		27571,2	17237,67	27,19%		51,91%

Fuente: Diagnostico Minero y Ambiental de la subcuenca del Río Surata, 2011

Tabla 25. Títulos mineros vigentes en áreas de exclusión

Zonificación	Microcuenca	Código expediente	Área has
Áreas de exclusión	Charta	0327-68	0,08
Áreas de exclusión	Charta	0356-68	138,91
Áreas de exclusión	Charta	14550	11,44
Áreas de exclusión	Charta	ACB-112	28,53
Áreas de exclusión	Charta	AJ5-142	988,29
Áreas de exclusión	Charta	AJ5-143	695,37
Áreas de exclusión	Charta	AJ5-144	586,72
Áreas de exclusión	Charta	EJ1-164	230,56
Áreas de exclusión	Charta	GJ5-111	1,53
Áreas de exclusión	Charta	ICQ-082715	79,05
Áreas de exclusión	Charta	ILJ-09361	25,14
Áreas de exclusión	Surata alto	0073-68	19,15
Áreas de exclusión	Surata alto	261-68	1,17
Áreas de exclusión	Surata alto	3452	549,71
Áreas de exclusión	Surata alto	ACB-112	8,41
Áreas de exclusión	Surata alto	EJ1-159	36,55
Áreas de exclusión	Surata alto	FCC-814	11,63
Áreas de exclusión	Surata alto	GLU-133	116,65
Áreas de exclusión	Surata alto	GLU-13541X	3,65
Áreas de exclusión	Surata alto	HDB-081	1,14
Áreas de exclusión	Surata alto	HKO-09271	81,20
Áreas de exclusión	Surata alto	IKK-08182	207,46
Áreas de exclusión	Surata alto	IKK-08371	120,41
Áreas de exclusión	Surata alto	IKK-08391	438,37
Áreas de exclusión	Surata bajo	ACB-112	5,56
Áreas de exclusión	Surata bajo	GI8-101	46,82
Áreas de exclusión	Surata bajo	IEG-11401	28,32
Áreas de exclusión	Surata bajo	IIE-15491	2,52
Áreas de exclusión	Surata bajo	JB7-10021	482,65
Áreas de exclusión	Tona	0288-68	47,71
Áreas de exclusión	Tona	AJ5-142	905,29
Áreas de exclusión	Tona	AJ5-143	610,30
Áreas de exclusión	Tona	AJ5-144	594,26
Áreas de exclusión	Tona	JB7-10021	0,30

Zonificación	Microcuenca	Código expediente	Área has
Áreas de exclusión	Vetas	0019-68	25,86
Áreas de exclusión	Vetas	0032-68	7,84
Áreas de exclusión	Vetas	0037-68	9,09
Áreas de exclusión	Vetas	0039-68	7,77
Áreas de exclusión	Vetas	0041-68	6,88
Áreas de exclusión	Vetas	0050-68	24,62
Áreas de exclusión	Vetas	0072-68	73,22
Áreas de exclusión	Vetas	0073-68	284,26
Áreas de exclusión	Vetas	0074-68	413,24
Áreas de exclusión	Vetas	0089-68	6,18
Áreas de exclusión	Vetas	0095-68	0,56
Áreas de exclusión	Vetas	0098-68	1,75
Áreas de exclusión	Vetas	0099-68	0,55
Áreas de exclusión	Vetas	0100-68	1,95
Áreas de exclusión	Vetas	0101-68	4,43
Áreas de exclusión	Vetas	0103-68	0,47
Áreas de exclusión	Vetas	0104-68	0,19
Áreas de exclusión	Vetas	0105-68	0,66
Áreas de exclusión	Vetas	0106-68	0,46
Áreas de exclusión	Vetas	0107-68	1,75
Áreas de exclusión	Vetas	0108-68	2,81
Áreas de exclusión	Vetas	0109-68	0,05
Áreas de exclusión	Vetas	0111-68	1,69
Áreas de exclusión	Vetas	0124-68	1,41
Áreas de exclusión	Vetas	0125-68	0,16
Áreas de exclusión	Vetas	0127-68	1,97
Áreas de exclusión	Vetas	0132-68	10,52
Áreas de exclusión	Vetas	0135-68	9,99
Áreas de exclusión	Vetas	0144-68	0,16
Áreas de exclusión	Vetas	0160-68	0,76
Áreas de exclusión	Vetas	0161-68	7,82
Áreas de exclusión	Vetas	0204-68	23,64
Áreas de exclusión	Vetas	0253-68	7,02
Áreas de exclusión	Vetas	0308-68	9,02
Áreas de exclusión	Vetas	0317-68	8,13
Áreas de exclusión	Vetas	0327-68	1786,89
Áreas de exclusión	Vetas	0328-68	99,46
Áreas de exclusión	Vetas	0356-68	460,92
Áreas de exclusión	Vetas	090-68	1,75
Áreas de exclusión	Vetas	10395	23,89

Zonificación	Microcuenca	Código expediente	Área has
Áreas de exclusión	Vetas	13370	3,19
Áreas de exclusión	Vetas	13477	80,16
Áreas de exclusión	Vetas	13604	5,21
Áreas de exclusión	Vetas	13625	13,01
Áreas de exclusión	Vetas	13679	1,83
Áreas de exclusión	Vetas	13779	15,75
Áreas de exclusión	Vetas	13921	17,51
Áreas de exclusión	Vetas	13922	1,82
Áreas de exclusión	Vetas	14031	7,92
Áreas de exclusión	Vetas	14729	55,78
Áreas de exclusión	Vetas	14833	123,83
Áreas de exclusión	Vetas	14947	5,35
Áreas de exclusión	Vetas	15800	2,44
Áreas de exclusión	Vetas	16725	156,69
Áreas de exclusión	Vetas	170-68	11,59
Áreas de exclusión	Vetas	17031	9,34
Áreas de exclusión	Vetas	17215	8,57
Áreas de exclusión	Vetas	17572	14,46
Áreas de exclusión	Vetas	22346	1086,87
Áreas de exclusión	Vetas	3451	71,06
Áreas de exclusión	Vetas	3452	2427,88
Áreas de exclusión	Vetas	6979	40,00
Áreas de exclusión	Vetas	AJ5-142	1,90
Áreas de exclusión	Vetas	AJ5-143	781,50
Áreas de exclusión	Vetas	BA3-093	1250,09
Áreas de exclusión	Vetas	EJ1-164	393,16
Áreas de exclusión	Vetas	FCC-814	60,84
Áreas de exclusión	Vetas	FJK-143	7,92
Áreas de exclusión	Vetas	GHI-092	73,64
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-111	42,27
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-115910X	0,00
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-115911X	0,02
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-115912X	1,02
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-115913X	0,00
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-115914X	0,00
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-115916X	0,01
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-115917X	1,74
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-115918X	0,47
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-115919X	0,63
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-11591X	0,01



Zonificación	Microcuenca	Código expediente	Área has
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-11592X	0,54
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-11593X	0,00
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-11594X	0,00
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-11595X	0,07
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-11596X	0,00
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-11597X	2,13
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-11598X	5,28
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-11599X	0,02
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-120013X	0,00
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-120015X	0,00
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-12007X	0,00
Áreas de exclusión	Vetas	GJ5-12008X	0,01
Áreas de exclusión	Vetas	GLU-13542X	1,14
Áreas de exclusión	Vetas	HDB-08002X	5,87
Áreas de exclusión	Vetas	HDB-08003X	0,07
Áreas de exclusión	Vetas	HDB-081	12,40

Fuente: Diagnostico Minero y Ambiental de la subcuenca del Río Suratá, 2011

**Áreas de intervención.** Son las áreas que presentan una baja sensibilidad socioambiental y/o una alta potencialidad para el desarrollo de las distintas actividades del proyecto bajo cumplimiento de medidas de manejo ambiental. Para la subcuenca corresponde a áreas cubiertas por pastos (arbolados, enmalezados y limpios) y áreas afectadas por la actividad minera, ocupando un área de 8.611.5 hectáreas, es decir, el 13.58% del área total de la Subcuenca. La categoría Incluye 10.933.7 hectáreas con títulos mineros vigentes, equivalente al 40.17%% del área total de la categoría y a 32.93% del área total de los títulos mineros sobre la subcuenca. (Tabla 26 y 27)

Tabla 26. Área títulos mineros vigentes sobre área de intervención

Microcuenca	Categorías de zonificación ambiental	Área (has) total de la categoría ambiental	Área (has) de los títulos	% respecto subcuenca	% respecto microcuenca	%al total del área de los títulos
Charta	Áreas de intervención	2550,7	1187,37	1,87%	15,28%	3,58%
Suratá Alto	Áreas de intervención	5610,9	2495,08	3,94%	17,91%	7,51%
Suratá Bajo	Áreas de intervención	6194,5	1568,98	2,47%	18,31%	4,72%
Tona	Áreas de intervención	8630,0	2239,30	3,53%	12,86%	6,74%
Vetas	Áreas de intervención	4229,3	3443,00	5,43%	21,90%	10,37%
<b>TOTALES</b>		<b>27215,4</b>	<b>10933,7</b>	<b>17,25%</b>		<b>32,93%</b>



Tabla 27. Títulos mineros vigentes en áreas de intervención

Zonificación	Microcuenca	Código expediente	Área has
Áreas de intervención	Charta	0327-68	0,29
Áreas de intervención	Charta	ACB-112	27,84
Áreas de intervención	Charta	AJ5-142	15,57
Áreas de intervención	Charta	AJ5-144	951,45
Áreas de intervención	Charta	EJ1-164	164,79
Áreas de intervención	Charta	GJ5-111	0,16
Áreas de intervención	Charta	ILJ-09361	27,26
Áreas de intervención	Surata alto	261-68	3,56
Áreas de intervención	Surata alto	3452	123,62
Áreas de intervención	Surata alto	ACB-112	10,29
Áreas de intervención	Surata alto	EJ1-159	4,18
Áreas de intervención	Surata alto	GLU-133	522,26
Áreas de intervención	Surata alto	GLU-13541X	15,01
Áreas de intervención	Surata alto	IKK-08182	476,27
Áreas de intervención	Surata alto	IKK-08371	195,90
Áreas de intervención	Surata alto	IKK-08391	1143,99
Áreas de intervención	Surata bajo	ACB-112	7,17
Áreas de intervención	Surata bajo	AJ5-144	0,51
Áreas de intervención	Surata bajo	GI8-101	25,95
Áreas de intervención	Surata bajo	IEG-11401	36,81
Áreas de intervención	Surata bajo	IIE-15491	2,68
Áreas de intervención	Surata bajo	JB7-10021	1495,87
Áreas de intervención	Tona	AJ5-142	587,81
Áreas de intervención	Tona	AJ5-144	1643,57
Áreas de intervención	Tona	JB7-10021	7,93
Áreas de intervención	Vetas	0019-68	69,01
Áreas de intervención	Vetas	0037-68	24,74
Áreas de intervención	Vetas	0039-68	23,34
Áreas de intervención	Vetas	0041-68	26,62
Áreas de intervención	Vetas	0072-68	52,08
Áreas de intervención	Vetas	0095-68	0,44
Áreas de intervención	Vetas	0098-68	8,36
Áreas de intervención	Vetas	0099-68	0,46
Áreas de intervención	Vetas	0100-68	5,32
Áreas de intervención	Vetas	0101-68	0,73
Áreas de intervención	Vetas	0104-68	1,82
Áreas de intervención	Vetas	0105-68	0,34

Zonificación	Microcuenca	Código expediente	Área has
Áreas de intervención	Vetas	0106-68	0,87
Áreas de intervención	Vetas	0107-68	8,37
Áreas de intervención	Vetas	0108-68	2,91
Áreas de intervención	Vetas	0109-68	0,95
Áreas de intervención	Vetas	0111-68	6,02
Áreas de intervención	Vetas	0124-68	2,39
Áreas de intervención	Vetas	0125-68	2,41
Áreas de intervención	Vetas	0127-68	0,05
Áreas de intervención	Vetas	0132-68	14,49
Áreas de intervención	Vetas	0144-68	1,19
Áreas de intervención	Vetas	0160-68	24,24
Áreas de intervención	Vetas	0204-68	75,92
Áreas de intervención	Vetas	0253-68	23,24
Áreas de intervención	Vetas	0317-68	29,43
Áreas de intervención	Vetas	0327-68	1505,60
Áreas de intervención	Vetas	090-68	8,37
Áreas de intervención	Vetas	13370	2,08
Áreas de intervención	Vetas	13679	9,35
Áreas de intervención	Vetas	13921	61,11
Áreas de intervención	Vetas	13922	5,58
Áreas de intervención	Vetas	14031	18,79
Áreas de intervención	Vetas	14947	15,64
Áreas de intervención	Vetas	15800	8,04
Áreas de intervención	Vetas	170-68	22,40
Áreas de intervención	Vetas	17031	20,66
Áreas de intervención	Vetas	17572	36,49
Áreas de intervención	Vetas	3451	69,19
Áreas de intervención	Vetas	3452	878,70
Áreas de intervención	Vetas	EJ1-164	247,15
Áreas de intervención	Vetas	FCC-814	19,18
Áreas de intervención	Vetas	FJK-143	30,20
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-111	20,85
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-115911X	0,12
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-115912X	3,63
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-115914X	0,01
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-115918X	0,58
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-11592X	1,12
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-11596X	0,00
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-120010X	0,00
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-120015X	0,00

Zonificación	Microcuenca	Código expediente	Área has
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-12004X	0,41
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-12007X	0,02
Áreas de intervención	Vetas	GJ5-12008X	0,01
Áreas de intervención	Vetas	GLU-13542X	8,06
Áreas de intervención	Vetas	HDB-08001X	0,02
Áreas de intervención	Vetas	HDB-08002X	26,91
Áreas de intervención	Vetas	HDB-08003X	0,12
Áreas de intervención	Vetas	HDB-081	16,84

Fuente: Diagnostico Minero y Ambiental de la subcuenca del Río Suratá, 2011

**Áreas de intervención con restricción.** Las áreas de intervención con alta restricción corresponden a aquellas áreas que tiene una alta sensibilidad ambiental y/o socioeconómica, pero que podrían ser intervenidas por actividades inherentes a la actividad minera sola y exclusivamente para la realización de obras lineales como vías de acceso, y adquisición de bienes y servicios, mediante medidas de manejo especial y estricto cumplimiento de la normatividad vigente. Representa el 13.58% del área de la subcuenca del río Suratá, es decir 8.611.5 hectáreas. Comprende las zonas que presentan un grado de sensibilidad moderado frente al desarrollo de actividades del proyecto, por lo que pueden ser intervenidas bajo restricciones específicas y mediante la implementación de medidas ambientales y técnicas especiales en sectores específicos. Comprende las áreas de plantación forestal, áreas de interés arqueológico e infraestructura vial. Incluye 5.036.4 hectáreas con títulos mineros vigentes, equivalentes a 58.48% del área total de la categoría y al 15.17% del área total cubierta por títulos mineros sobre la subcuenca. (Tabla 28 y 29)

Tabla 28. Área títulos mineros vigentes sobre área de intervención con restricción

Microcuenca	Categorías de zonificación ambiental	Área (has) total de la categoría ambiental	Área (has) de los títulos	% área del título respecto subcuenca	% área de los títulos respecto microcuenca	%al total del área de los títulos	% respecto al área de la categoría ambiental
Charta	Áreas de intervención con restricción	1856,9	1745,56	2,75%	22,46%	5,26%	94,0%
Suratá Alto	Áreas de intervención con restricción	3676,7	1722,53	2,72%	12,37%	5,19%	46,8%
Suratá Bajo	Áreas de intervención con restricción	392,6	47,05	0,07%	0,55%	0,14%	12,0%
Tona	Áreas de intervención con restricción	1862,7	704,40	1,11%	4,05%	2,12%	37,8%
Vetas	Áreas de intervención con restricción	822,7	816,86	1,29%	5,20%	2,46%	99,3%
TOTALES		8611,5	5036,4	7,94%		15,17%	0,58484527

Fuente: Diagnostico Minero y Ambiental de la subcuenca del Río Suratá, 2011

Tabla 29. Títulos mineros vigentes en áreas de intervención con restricción

Zonificación	Microcuenca	Código expediente	Área has
Áreas de intervención con restricción	Charta	0327-68	0,61
Áreas de intervención con restricción	Charta	AJ5-142	872,05
Áreas de intervención con restricción	Charta	AJ5-143	8,52

Zonificación	Microcuenca	Código expediente	Área has
Áreas de intervención con restricción	Charta	AJ5-144	528,32
Áreas de intervención con restricción	Charta	EJ1-164	333,35
Áreas de intervención con restricción	Charta	GJ5-111	2,71
Áreas de intervención con restricción	Surata alto	3452	582,01
Áreas de intervención con restricción	Surata alto	EJ1-159	152,05
Áreas de intervención con restricción	Surata alto	FCC-814	10,83
Áreas de intervención con restricción	Surata alto	GLU-13541X	0,59
Áreas de intervención con restricción	Surata alto	HDB-081	1,71
Áreas de intervención con restricción	Surata alto	HKO-09271	10,66
Áreas de intervención con restricción	Surata alto	IKK-08182	383,46
Áreas de intervención con restricción	Surata alto	IKK-08371	347,77
Áreas de intervención con restricción	Surata alto	IKK-08391	233,44
Áreas de intervención con restricción	Surata bajo	GI8-101	21,75
Áreas de intervención con restricción	Surata bajo	IEG-11401	24,98
Áreas de intervención con restricción	Surata bajo	JB7-10021	0,32
Áreas de intervención con restricción	Tona	AJ5-142	673,36
Áreas de intervención con restricción	Tona	AJ5-144	31,04
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0072-68	43,39
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0074-68	5,09
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0089-68	2,74
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0101-68	0,50
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0103-68	0,53
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0125-68	0,43
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0127-68	1,44
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0161-68	0,02
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0308-68	0,22
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0317-68	0,84
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0327-68	317,08
Áreas de intervención con restricción	Vetas	0356-68	0,15
Áreas de intervención con restricción	Vetas	10395	21,41
Áreas de intervención con restricción	Vetas	13604	1,01
Áreas de intervención con restricción	Vetas	13779	0,34
Áreas de intervención con restricción	Vetas	16725	2,80
Áreas de intervención con restricción	Vetas	17572	3,71
Áreas de intervención con restricción	Vetas	3451	38,30
Áreas de intervención con restricción	Vetas	3452	254,13
Áreas de intervención con restricción	Vetas	BA3-093	8,27
Áreas de intervención con restricción	Vetas	EJ1-164	70,28
Áreas de intervención con restricción	Vetas	FCC-814	29,54
Áreas de intervención con restricción	Vetas	GHI-092	3,58

Zonificación	Microcuenca	Código expediente	Área has
Áreas de intervención con restricción	Vetas	GJ5-111	7,88
Áreas de intervención con restricción	Vetas	GJ5-115917X	0,02
Áreas de intervención con restricción	Vetas	HDB-081	3,14

Fuente: Diagnostico Minero y Ambiental de la subcuenca del Río Suratá, 2011

A continuación, se resumen las categorías de la zonificación ambiental. Tabla 30.

Tabla 30. Tabla resumen categoría de zonificación ambiental y área de títulos mineros.

Categorías de zonificación ambiental	Área (has) total de la categoría ambiental	Área (has) de los títulos	% área de los títulos respecto subcuenca	%al total del área de los títulos
Áreas de intervención con restricción	8611,5	5036,4	7,94%	15,17%
Áreas de exclusión	27571,2	17237,7	27,19%	51,91%
Áreas de intervención	27215,4	10933,7	17,25%	32,93%

Fuente: Diagnostico Minero y Ambiental de la subcuenca del Río Suratá, 2011

#### 2.2.3.5.4 Explotación Minera

Los proyectos mineros poseen varias fases o etapas que pueden ser secuenciales, iniciando con la exploración, desarrollo y preparación, beneficio y transformación y culminando con el cierre y abandono de la mina. A continuación se presenta una breve descripción de cada una de las etapas.

El objetivo de la actividad de exploración es descubrir depósitos de minerales económicamente viables. En esta fase se llevan a cabo inspecciones, estudios de campo, perforaciones de prueba, estudios geológicos, técnicas geoquímicas, técnicas de estudios geofísicos, muestras subterráneas, perforaciones.

En la etapa de desarrollo y preparación se adelantan actividades como: adquisición de derechos y permisos para iniciar la explotación, diseño detallado y construcción de obras de infraestructura, diseño y planeamiento detallado de la explotación, compra de equipos y materiales, preparación de presupuesto, financiación del proyecto, labores para el acceso al depósito y establecimiento de la infraestructura del proyecto; estas actividades se conocen como el desarrollo de la ingeniería de detalle del proyecto. Entre las labores de desarrollo se tienen las vías, instalaciones, escombreras:

La Explotación es la extracción de los minerales contenidos en el yacimiento. Las principales operaciones son: Minado, que corresponde a la extracción de mineral; Beneficio, que permite la recuperación de los minerales valiosos; Protección del Ambiente, que es la vigilancia y atención de los riesgos minimizando los impactos; Prevención de Accidentes a través de capacitación de los trabajadores en las prácticas y sistemas estándares.

En la etapa de beneficio y transformación de los minerales se realizan los procesos de: separación, molienda, trituración, mezcla y homogenización, lavado, concentración y otras operaciones similares a que se somete el mineral extraído para su posterior transformación y utilización.

En esta etapa, llamada en el código de minas como de desmantelamiento, cierre y abandono, consideran los siguientes aspectos: elaboración del plan de cierre de la mina, retirada de los equipos mineros, distribución de activos y excedentes, cierre y reconfiguración de las zonas intervenidas por la minería y puesta en marcha del plan de prevención y mitigación de los impactos ambientales asociados al cierre de las operaciones.

Al término de las actividades mineras o de preferencia durante la fase de operaciones, las instalaciones y del lugar de operaciones deben ser rehabilitadas y cerradas. La meta de la rehabilitación y cierre de una mina debe ser siempre el retorno de las condiciones del lugar lo más parecido posible a las condiciones ambientales y ecológicas previas a la existencia de la mina.

#### *2.2.3.5.4.1 Yacimientos del Municipios de California*

Las mineralizaciones existentes vereda La Baja fueron controladas por un modelo estructural inicial, el cual limitó el emplazamiento de los intrusivos y a su vez de las mineralizaciones. Las estructuras preexistentes, fallas o diaclasa de alto ángulo, fueron los conductos de transporte para las soluciones mineralizantes ricas en minerales metálicos.

Se encuentran dos tipos de filones subparalelos entre sí; uno el Filón Machuca con dirección S55E/72W y el filón Tiguarí, con dirección S46E/65W. Los filones de aspecto irregular y curvos indican una dilatación tensional (Boyle, 1969).

Los filones Machuca y Tiguarí tienen minerales asociados, pirita en venillas y en cristales diseminados; galena en venillas o diseminada; calcopirita en venillas de óxidos de hierro (limonita), sulfuros de cobre; venillas de cuarzo lechosos. El Oro se encuentra de manera submicroscópica de forma incluida dentro de los sulfuros (pirita). En cantidades mínimas el oro está en forma libre, en las zonas de oxidación.

En el municipio de California se consideraron tres bloques susceptibles a explotación: El Bloque 1, el cual posee las condiciones más favorables para proyectar actividades mineras, básicamente por el buen tenor promedio y su continuidad estructural a lo largo del rumbo del filón; éste bloque presenta seis sectores. El Bloque 2 posee condiciones estructurales muy homogéneas pero su tenor promedio es relativamente bajo, lo que sugiere un buen análisis financiero que establezca la justificación o no del desarrollo minero; éste bloque presenta cuatro sectores. El Bloque 3 es de mayor complejidad estructural debido a la abundancia de estructuras mineralizadas y su brusco cambio en la dirección del rumbo del filón, esto se evidencia con las labores mineras desarrolladas y sus continuos cambios en las vías; aquí fueron determinados tres sectores.

Las reservas medidas en cada uno de los sectores de los bloques fueron calculadas donde fue posible obtener gran cantidad de datos geológicos, en otros lugares fueron inferidas y en los demás no fue posible su cálculo. Las reservas encontradas en el municipio de California se encuentran alrededor de 707251.59 gramos Au y un tenor promedio de 20.21 gr/ton de Au.

#### 2.2.3.5.4.2 Yacimiento del Municipio de Vetas

El distrito minero de Vetas corresponde a un sistema de venas hidrotermales tipo “vein” para las tres áreas mineras a integrar: Santa Isabel, La Peter y San Bartolo. Estas venas auríferas están encajadas en el Neiss de Bucaramanga y controladas estructuralmente por un sistema conjugado de diaclasas con orientaciones N10-30E/50w, N60-70w/49E y N80-90w/50E.

Los filones auríferos se encuentran emplazados en fracturas preexistentes las cuales fueron rellenadas por fluidos hidrotermales ricos en minerales. Estas estructuras mineralizadas son cuerpos semitabulares dispuestos en forma subparalela de aspecto brechoide con fragmentos de cuarzo y plagioclasa, generalmente sufren pinchamiento o ensanchamiento, característica de cuando se da relleno de cavidades y reemplazamiento de minerales. Presentan una coloración producto de la alteración de los minerales de mena, predominando el amarillo pardo por la presencia de sulfuros.

En el municipio de Vetas se consideraron tres bloques susceptibles a explotación: El Bloque 1, presenta las condiciones más favorables para proyectar actividades mineras, básicamente por el buen tenor promedio y su continuidad estructural a lo largo del rumbo del filón; éste bloque contiene seis sectores. El bloque 2 posee condiciones estructurales muy homogéneas pero su tenor promedio es relativamente bajo, lo que permite sugerir un buen análisis financiero que establezca la justificación o no del desarrollo minero; éste bloque presenta cuatro sectores. Bloque 3 ofrece complejidad estructural debido a la abundancia de estructuras mineralizadas y su brusco cambio en la dirección del rumbo del filón; ello se evidencia con las labores mineras desarrolladas y sus continuos cambios en las vías; aquí fueron determinados tres sectores.

#### 2.2.3.5.4.3 Inventario minero

Del documento del inventario minero realizado por la Unión Temporal Consultoría Ambiental se extraen los algunos de los ítems más relevantes:

Teniendo en cuenta el estado en que se encuentran los expedientes ante la *Autoridad Ambiental*, se determinaron dos grandes grupos: las solicitudes que se encuentran bajo la custodia del grupo jurídico del Ingeominas que para esta consultoría se denomina “solicitudes en estudio jurídico de contratación” y los expedientes que estan siendo evaluados por los técnicos de la autoridad minera que para esta consultoría se denominan “solicitudes en estudio técnico de contratación”.

La distribución de los dos grupos se detalla a continuación:

Tabla 31. Distribución general de las solicitudes

Solicitudes	Cantidad	%
En estudio Jurídico de Contratación	28	24,56%
En Estudio Técnico de Contratación	86	75,44%
<b>Total</b>	<b>114</b>	<b>100%</b>

Fuente: Ingeominas

Tabla 32. Distribución de solicitudes por mineral y municipio en estudio jurídico

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATÁ	TONA	VETAS	TOTAL	% MINERAL
Oro- Concentrado y Minerales Asociados	5		3	2	4	2	16	72,73%
Materiales de Construcción		1	1	1	1		4	18,18%
Barita		1					1	4,55%
Cobre				1			1	4,55%

Fuente: Ingeominas

Según se observa en la gráfica el mineral más solicitado por contrato de concesión en evaluación jurídica es el oro concentrados y minerales asociados. Los municipios con mayor número de solicitudes de este tipo son California y Tona. En todos los municipios de la subcuenca existen este tipo de solicitudes en evaluación.

Tabla 33 . Distribución resumen de las solicitudes por municipio en estudio jurídico

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS
Autorización Temporal					1	
Solicitud Contratos de Concesión	5	2	4	4	5	2
Solicitud de Legalización	2	0	0	2	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>

Fuente: Ingeominas

Las solicitudes de legalización que se encuentran en evaluación técnica ascienden a 26, distribuidas en 3 Municipios, y equivalen al 22.8% del total de las solicitudes. La totalidad de solicitudes de legalización evidenciadas corresponden a oro – concentrados y minerales asociados. En resumen, la distribución de solicitudes en evaluación técnica por Municipio se presenta a continuación:



Tabla 34. Distribución resumen solicitudes en evaluación técnica por municipio

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS	TOTAL
Solicitud Contrato de Concesión	15	2	7	19	10	7	60
Solicitud Contrato de Legalización	7			6		13	26
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>86</b>

Fuente: Ingeominas

#### 2.2.3.5.4.4 Títulos vigentes

En cuanto a los Títulos vigentes, se analizaron los expedientes que se han convertido en título minero y que se encuentran registrados en el catastro minero nacional. De acuerdo con lo descrito anteriormente, el análisis a lugar se realizará a través de la subdivisión de títulos en cuadro grupos, así:

Contratos de concesión Decreto 2655/88

Contratos de concesión Ley 685/01

Licencias de exploración

Licencias de explotación

Tabla 35. Distribución general de los títulos vigentes

Títulos Vigentes	Cantidad	%
Contrato de Concesión (DECRETO 2655/88)	9	7,32%
Contrato de Concesión (Ley 685/01)	53	43,09%
Licencia de Exploración	8	6,50%
Licencia de Explotación	53	43,09%
Total	123	100%

Fuente: Ingeominas

El porcentaje de los títulos vigentes respecto al total de los procesos mineros en el área de la Subcuenca del Río Surata, asciende a 37,5%. La mayor cantidad de esta clase de títulos se concentra en los Contratos de concesión (Ley 685/01) con el 43.09%, y en las licencias de explotación con 43.09%.

Tabla 36 . Distribución de los títulos vigentes por Municipio

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS	TOTAL
Títulos Vigentes	52	3	5	18	3	42	123
% Respecto a los Títulos Vigentes	42,28%	2,44%	4,07%	14,63%	2,44%	34,14%	100%

Fuente: Ingeominas

El análisis por Municipio resulta en la identificación del Municipio de California como el que posee el mayor número de contratos vigentes con un total del 42,28%. Por otra parte, los municipios con menor número de títulos de esta clase son Charta y Tona con solo 3 expedientes cada uno.

#### Contratos de Concesión Dcto. 2655/88

Se analizan los contratos de concesión reglamentados por el Decreto 2655 de 1988, mediante el cual se expide el Código de Minas anterior al vigente actualmente. El análisis de títulos vigentes de la clase citada, por Municipio se detalla a continuación:

Tabla 37 . Distribución contratos de concesión Dcto. 2655 por municipio

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS	TOTAL
Contrato de Concesión (Dcto. 2655/88)	1	0	1	1	1	5	9
% Municipio con respecto al Contrato de Concesión (Dcto. 2655/88)	11,11%	0,00%	11,11%	11,11%	11,11%	55,56%	100%

Fuente: Ingeominas

De acuerdo con las tablas anteriores, es posible evidenciar la mínima participación de este tipo de contratos dentro de la muestra, los cuales equivalen al 7.32% del total de los títulos vigentes. Un análisis detallado de títulos en función del mineral y municipio, permite concluir que el mayor número de contratos de concesión D 2655 corresponden a oro -concentrados y minerales asociados, los cuales tienen presencia en todos los municipios analizados con excepción de Charta.

Tabla 38 . Distribución de contratos de concesión Decreto 2655/88 por mineral

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS
Oro-Concentrados y minerales asociados	1			1		5
Materiales de			1			

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS
Construcción						
Mármol					1	
% Contrato de Concesión Dcto. 2656 por municipio	11,11%	0,00%	11,11%	11,11%	11,11%	55,56%

Fuente: Ingeominas

Los contratos de concesión están reglamentados por la Ley 685 de 2001- Código de Minas (código vigente).El análisis de títulos vigentes de la clase citada, por Municipio se detalla a continuación:

Tabla 39 . Distribución contratos de concesión Ley 685/01 por municipio

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS	TOTAL
Contrato de Concesión (Ley 685)	14	3	2	14	1	19	53
% respecto al Contrato de Concesión Ley 685/01 por municipio	25,93%	5,56%	3,70%	25,93%	1,85%	37,04%	100%

Fuente: Ingeominas

Los contratos de concesión Ley 685/01 equivalen al 43,90% del total de títulos vigentes. El municipio con mayor número de contratos de concesión de este tipo es Vetas con un 37,04%. Un análisis detallado de títulos en función del mineral y municipio, permite concluir que el mayor número de contratos de concesión Ley 685/01 corresponden a oro -concentrados y minerales asociados con una participación del 92.59%; la cual equivale al 40.65% del total de los títulos vigentes registrados.

Tabla 40 . Distribución de contratos de concesion Ley 685/01 por municipio y mineral

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS	TOTAL
Oro-Concentrados y minerales asociados	14		1	14	1	20	92,59%
Materiales de Construcción		2	1				5,56%
Feldespatos		1					1,85%
% Municipio respecto al Contrato de Concesión D2656	25,93%	5,56%	3,70%	25,93%	1,85%	37,04%	100%

Fuente: Ingeominas

#### 2.2.3.5.4.5 Licencias de Exploración

A continuación se analizan los títulos mineros que le permiten a su titular llevar a cabo las labores mineras únicamente de exploración, sin que haya lugar cualquier actividades relacionada con explotación. La distribución de las licencias de exploración en función de los Municipios, se detalla a continuación:

Tabla 41. Distribución de las licencias de exploración por municipio

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS	TOTAL
Licencia de Exploración				2		6	8
% Municipio con respecto a Licencias de Exploración	0%	0%	0%	25,0%	0%	75,0%	100%

Fuente: Ingeominas

En el área de la subcuenca del Río Suratá solo se encuentran 8 Licencias de Exploración vigentes, concentradas en dos Municipios: Suratá y Vetás; las cuales en su totalidad corresponden a oro - concentrados y minerales asociados; y equivalen a al 6,5% del total de los títulos vigentes.

#### 2.2.3.5.4.6 Licencia de Explotación

Se analizan los títulos mineros que le permiten a su titular llevar a cabo labores mineras de explotación (títulos que vienen del código antiguo). El análisis de títulos vigentes de la clase citada, por Municipio se detalla a continuación:

Tabla 42 . Distribución licencias explotación por municipio

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS	TOTAL
Licencia de Explotación	37	0	2	1	2	11	53
% Por Municipio con respecto a las Licencias de Explotación	69.81%	0.00%	3.77%	1.89%	3.77%	20.75%	100%

Fuente: Ingeominas

El total de licencias de explotación equivale al 42,28% de los títulos vigentes, y al 15.85% del total de los procesos mineros que existen en el área de la subcuenca del Río Suratá. El municipio que registra mayor cantidad de licencias de este tipo es California con un 69.81%. El único municipio que no registra licencias de explotación es Charta.

El análisis de licencias de explotación por Municipio y Mineral, se resume a continuación:

Tabla 43. Distribución de licencias de explotación por municipio y mineral

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS	TOTAL
Oro- Concentrado y Minerales Asociados	37			1		11	94%
Materiales de Construcción			1				2%
Feldespatos					1		2%
Caliza			1				2%
% Por Municipio con Respecto a las Licencias de Explotación	71,15%	0,00%	3,85%	1,92%	1,92%	21,15%	100%

Fuente: Ingeominas

Como se puede observar, el mineral más licenciado bajo este tipo de títulos es el oro - concentrados y minerales asociados, el cual equivale al 39.84% del total de los títulos mineros vigentes.

#### 2.2.3.5.4.7 Estado General de Expedientes en la Autoridad Minera – Ingeominas

Al 12 de enero de 2012, la base de datos de la autoridad minera para la zona de la Subcuenca del Río Surata, registra un total de 328 expedientes; los cuales al ser analizados detalladamente permiten establecer las siguientes conclusiones generales:

Los expedientes que no tienen actividad, ascienden a 174y equivalen a más del 50% del total de los procesos mineros aproximadamente, según el siguiente detalle:

90 expedientes se encuentran archivados

84 solicitudes

Paralelamente, los expedientes activos ascienden a 238.

Del total de los procesos mineros, existen 245 relativos a oro – concentrados y minerales asociados, equivalentes al 74,69%. El municipio que registra mayor cantidad de procesos para este mineral es California con 91 procesos, y el que registra menor número de los mismos es Charta con tan sólo 2 procesos.

De los 238 expedientes activos, el municipio de California es el que posee mayor cantidad, mientras que Charta es el que menos expedientes tiene. La distribución de los expedientes activos con respecto a los municipios y mineral, se resume a continuación:

Tabla 44. Distribución de los expedientes activos con respecto a los municipios y mineral

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS	TOTAL	% respecto a procesos activos
Oro- Concentrado y Minerales Asociados	81	1	8	47	14	65	216	90,76%
Materiales de Construcción	0	4	6	1	3	0	14	5,88%
Barita	0	1	0	0	0	0	1	0,42%
Cobre	0	0	0	1	0	0	1	0,42%
Caliza	0	0	2	0	0	0	2	0,84%
Hierro	0	0	0	0		0	1	0,42%
Mármol	0	0	0	0	1	0	1	0,42%
Feldespato	0	1	0	0	1	0	1	0,84%
<b>TOTAL</b>	<b>81</b>	<b>7</b>	<b>16</b>	<b>49</b>	<b>20</b>	<b>65</b>	<b>237</b>	<b>100%</b>

Fuente: Ingeominas

#### 2.2.3.5.4.8 Evaluación estadística de los expedientes en cdmB

Según la base entregada por el Servicio Geológico Colombiano se procedió a identificar los expedientes que podrían adelantar trámites ante la autoridad minera. Así, en la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB podrían encontrarse los Expedientes Activos en ejecución y los que están en Solicitud de Legalización, los cuales suman 154, los cuales a su vez podrían estar en diferentes etapas de la minería como son exploración, construcción y montaje y explotación

Tabla 45. Expedientes en la CDMB

	Cantidad	%
Contratos de Concesión Dcto. 2655	9	5,77%
Contratos de Concesión Ley 685	53	35,26%
Licencias de Exploración	8	5,13%
Licencias de Explotación	53	33,97%
Solicitudes de Legalización	31	19,87%
<b>TOTAL</b>	<b>154</b>	<b>100%</b>

Fuente: Ingeominas

En atención a la relación anterior, y con base en la información recibida el día 1 de febrero de 2012 de parte de la CDMB sobre expedientes manejados por entidad, se procedió a realizar las actividades de análisis de información en la Corporación, encontrando que de los 154 expedientes posibles en la entidad: 69 expedientes se encuentran abiertos de los cuales 53 tienen resolución,

que corresponden al 44.81%, 15 se informan como sin trámite, representan 9.74%), 32 se reportan como “sin información” dentro de la Corporación” corresponden al 20.78%, y finalmente, de 38 no se tienen ningún conocimiento, con un porcentaje de 24.68%.

Los expedientes abiertos para minería en el sector de la Subcuenca del Río Surata están subdivididos entre Licencia Ambiental, Planes de Manejo y Guías Ambientales para el manejo de 69 Títulos Mineros, así:

Tabla 46. Clasificación de expedientes activos en CDMB

	Cantidad
Licencias Ambientales	14
Planes de Manejo	40
Guías Ambientales	15
<b>Total</b>	<b>69</b>

Fuente: CDMB

De los expedientes abiertos el 57.97%, son para Planes de Manejo entre los que el PM-0014 de 2001 se presentó para 3 títulos mineros, el 21.74% corresponden Guías Ambientales, en las que se encuentran 7 expedientes para varios títulos mineros (GA-0007-2009 para 14 títulos mineros, GA-0001-2011 para 6 títulos mineros, GA-0011-2010 para 4 títulos mineros y GA-0008-2010, GA-0015-2011, GA-0007-2010 y GA-0014 de 2010 se presentan para 2 títulos mineros), y el 20.29% de los expedientes pertenecen a Licencias Ambientales, entre los cuales la LA-0002-2006 se presentó para 2 títulos mineros, como se detalla a continuación:

Tabla 47. Expedientes con sus correspondientes títulos mineros

Expediente CDMB	Títulos Mineros
GA-0007-2009	090-68, 0098-68, 0099-68, 0111-68, 0144-68, 0039-68, 14947, 13922, 15800, 0107-68, FCC-814, HDB-08001X, HDB-08002X, HDB-08003X
GA-0001-2011	13604, 17215, 0161-68, 0308-68, 0032-68, 0135-68
GA-0011-2010	FJK-143, HDB-081, 0019-68, 0204-68
GA-0008-2010	14031, 0108-68
GA-0015-2011	13679, 13370
GA-0007-2010	0100-68, 0037-68
GA-0014-2010	14833, 0074-68
PM-0014-2001	10395, 0161-68, 16725
LA-0002-2006	13679, 13370

Fuente: CDMB

A continuación se presenta la relación de expedientes por municipio en la cuenca del Río Suratá.

Tabla 48. Clasificación de expedientes por municipio

	CALIFORNIA	CHARTA	MATANZA	SURATA	TONA	VETAS	TOTAL
Licencias Ambientales	5		2		1	6	14
Planes de Manejo	27			1		12	39
Guías Ambientales	4			8		3	15
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>21</b>	<b>69</b>

Fuente: CDMB

### **2.2.3.5.5 Impacto de la actividad minera**

#### *2.2.3.5.5.1 Impacto sobre el recurso hídrico*

El impacto más significativo de un proyecto minero se presenta sobre la calidad y disponibilidad del recurso hídrico en la zona de cualquier proyecto minero. Los indicadores principales son la aptitud de las aguas superficiales y subterráneas para el consumo humano y la calidad de las aguas superficiales para mantener las especies acuáticas nativas y la vida silvestre terrestre.

Los principales impactos los genera el drenaje ácido de mina y lixiviados contaminante; la erosión genera materia de arrastre que puede llegar a aumentar considerablemente la carga de sedimentos; embalses de relaves, escombreras/ desechos de roca, y lixiviación en pilas y botaderos y los desagües de las minas.

#### *2.2.3.5.5.2 Impactos de los proyectos mineros en la calidad del aire*

El transporte de emisiones en el aire ocurre durante todas las etapas del ciclo de vida de una mina: exploración, desarrollo, construcción y operación. Las operaciones mineras movilizan grandes cantidades de material; requieren maquinaria pesada y equipos industriales para procesar el mineral. Las pilas o depósitos de desechos contienen partículas pequeñas que pueden ser fácilmente dispersadas por el viento. Las mayores fuentes de contaminación del aire en operaciones mineras son generadas por:

- Material particulado transportado por el viento como resultado de excavaciones, voladuras, transporte de materiales, erosión eólica (más frecuente en tajos abiertos), polvo fugitivo proveniente de los depósitos de relaves, depósitos, pilas de desechos, caminos. Las emisiones de los gases de escape de fuentes móviles (vehículos, camiones, maquinaria pesada) también contribuyen a aumentar el nivel de material particulado.



- Emisiones gaseosas provenientes de la quema de combustibles en fuentes estacionarias como móviles, voladuras y procesamiento de minerales.

#### *2.2.3.5.3 Impactos de la minería en la vida silvestre*

La minería afecta al ambiente y a la biota asociada debido a la remoción de vegetación y capa superficial del suelo, desplazamiento de la fauna, liberación de contaminantes y con la generación de ruido, lo que conlleva a la pérdida y fragmentación de hábitats.

#### *2.2.3.5.4 Impactos de los proyectos mineros en la calidad del suelo*

Las zonas intervenidas por proyectos mineros pueden contaminar grandes extensiones de suelos ya que las operaciones mineras modifican el paisaje circundante por la remoción de materiales no perturbados. La erosión causada por la exposición de suelos, extracción de minerales, relaves y materiales finos que se encuentran en las pilas de desechos puede resultar en el aumento de la carga de sedimentos en las aguas superficiales y drenajes. Además, los derrames y vertidos de materiales tóxicos y la sedimentación de polvo contaminado pueden causar la contaminación de suelos.

Los riesgos al ambiente y a la salud humana relacionados con los suelos pueden ordenarse en dos categorías:

- (1) Suelos contaminados por partículas contaminantes arrastradas por el viento.
- (2) Suelos contaminados por derrames de compuestos químicos y residuos.

Las partículas de polvo fugitivas causan graves problemas ambientales en algunas minas. La toxicidad inherente del polvo depende de la proximidad a receptores en el ambiente y del tipo de mineral extraído. Las partículas de polvo arrastradas por el viento que generan más riesgos son aquellas con contenido de arsénico, plomo y radionucleidos. Los suelos contaminados por derrames de compuestos químicos y residuos en las minas son riesgosos cuando estos materiales son mal utilizados como materiales de relleno, en jardines ornamentales en las instalaciones de la mina o como suplementos de suelos.

#### **2.2.3.5.6 Conclusiones**

La consultoría del diagnóstico ambiental minero de la subcuenca de Surata, es la fuente principal del diagnóstico minero de este trabajo, y sus principales conclusiones son las que presentan a continuación.

- El Servicio Geológico Colombiano reporta un total de 238 expedientes mineros vigentes a 12 de Enero de 2012, en los municipios de California, Charta, Matanza, Surata, Tona y Vetás, divididos así: 123 Títulos Vigentes, 84 Solicitudes de Contrato de Concesión y de Autorización Temporal y 31 Solicitudes de Legalización.

- Los 123 Títulos Vigentes se encuentran distribuidos así: 9 Contratos de Concesión del Decreto 2655 de 1998; 53 Contratos de Concesión de la Ley 685 de 2001; 8 Licencias de Exploración y 53 Licencias de Explotación.
- El área de estudio comprende la Subcuenca del río Suratá, municipios de California, Charta, Matanza, Suratá, Tona y Vetas, cuya superficie asciende a 63.398,2 hectáreas, en las cuales se encuentra un área concesionada de 33.207,8 hectáreas, equivalentes al 52,38% del área total.
- En minería ilegal sólo se evidenciaron 4 lugares, de los cuales 3 se encuentran en el municipio de Vetas y 1 en el municipio de California.
- De acuerdo con las visitas de campo, se identificó un área de 3.333,03 hectáreas con afectación minera representada en bocaminas, frentes mineros, plataformas de explotación, plantas de tratamiento y botaderos, entre otras
- Los resultados del trabajo de campo se vieron limitados en su alcance, dado que al momento de realizar las visitas, en muchos sitios, se había suspendido la actividad minera sin explicación aparente.
- En cuanto a la información de expedientes que se encuentran en la CDMB, se evidenció que en total son 69, de los cuales 14 pertenecen a Licencias Ambientales, 40 a Planes de Manejo y 15 que se denominan Guías Ambientales, las cuales, de acuerdo con la Guía Minero Ambiental de Exploración, se definen así :*“Las guías técnicas para adelantar la gestión ambiental en los proyectos mineros tienen como objeto facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades mineras, ambientales y particulares”*, por lo tanto, son directrices que no constituyen un acto administrativo, por tal motivo no deberían llevarse como proceso o permiso ambiental.
- En los mencionados expedientes de Guías Ambientales se integran áreas desconociendo el artículo 101 de la Ley 685 de 2001, modificado por el artículo 8 de la Ley 1382 de 2010, los cuales establecen que para realizar dichas integraciones, inicialmente el usuario debe solicitar esta integración a la autoridad minera, acompañado de un Plan de Trabajos y Obras único de exploración y explotación para su aprobación.
- El municipio en el que se presenta mayor cantidad de procesos ambientales es California con 31, distribuidos así: 27 planes de manejo y 4 licencias ambientales. Continúa Vetas con 18, de los cuales 12 son planes de manejo y 6 son licencias ambientales; en Matanza se encuentran 2 licencias ambientales; en Tona una licencia ambiental y en Suratá un (1) plan de manejo.
- Se evidencia que todos los planes de manejo corresponden a explotaciones de Oro y demás Asociados. Además, existen 10 licencias ambientales para oro y demás asociados, sólo se encuentran 2 licencias ambientales para materiales de construcción y 1 para caliza.
- En los 69 expedientes abiertos en la CDMB se han emitido 53 resoluciones en las que se otorgan licencias ambientales o planes de manejo ambiental para 54 títulos mineros; en la

mayoría de éstos se evidencia baja aplicación por parte de los titulares y falta de un seguimiento adecuado.

- Es evidente que en una gran mayoría de resoluciones que otorgan o imponen estudios de impacto ambiental o planes de manejo ambiental, no se tiene en cuenta el numeral 6 del Artículo 1 de la Ley 99 de 1993, al emitir dichas actuaciones sin tener en cuenta el ecosistema en el que se dan dichas licencias y/o planes.
- No se realiza un adecuado manejo de los cauces permanentes de los ríos y quebradas, al permitir la presencia de infraestructuras mineras dentro de las franjas de protección, desconociendo el literal d. del Artículo 83 del Decreto 2811 de 1974, y el Artículo 3 del Decreto 1449 de 1977, entre otras normas.
- De acuerdo con la zonificación ambiental, como síntesis del diagnóstico y base de la prospectiva, la mayor parte del territorio de la Subcuenca, pertenece a zonas de exclusión; estas equivalen a 27.571 hectáreas (43.49%), en las cuales las intervenciones futuras se deben centrar en la protección y restauración, así como en la concentración de procesos de conservación con un nivel más detallado, según las particularidades locales. En estas zonas la CDMB debe adelantar programas de sensibilización para la recuperación y protección de áreas silvestres.
- En situación prevalente se deben ubicar las zonas destinadas a Intervención con Restricción, que corresponden a 27.215.4 hectáreas (27%), de vital importancia en la cuenca para garantizar una adecuada y oportuna oferta de bienes y servicios ambientales que permitan sostener los procesos productivos y actividades humanas.
- Las zonas de intervención, que ocupan una extensión de 8.611.5 has (13%), corresponden a áreas donde, con un buen manejo, control y seguimiento, se pueden ejercer actividades de tipo agropecuario y minero.
- El área total que abarcan los títulos sobre la Subcuenca de río Suratá son 33.207.83 hectáreas, que equivalen al 52.38% del área total de la subcuenca en estudio.
- La microcuenca del río Vetás posee la mayor área con títulos minero vigentes (14.392.66 hectáreas).
- En la Subcuenca del río Suratá se presentan 16.080.79 hectáreas de ronda de protección hídrica, que equivalen al 25.4% del área total de la subcuenca.
- Los títulos mineros que se encuentran sobre la ronda hídrica, tienen un total de 8.696.95 hectáreas, que equivalen al 26.19% del área total de los títulos.
- El área de la Subcuenca del río Suratá dentro del ecosistema de páramo, definido por IAVH 2007, es de 13.945.72 hectáreas, que equivalen a 22.00% del área de la subcuenca
- El 57% del área de la microcuenca Vetás se encuentran dentro del complejo de Páramo Santurban.

- El área total de los títulos mineros vigentes que se encuentran dentro del complejo de Páramo Santurbán, es de 11.715.09 hectáreas, que equivalen 18.48% de la Subcuenca del río Suratá y al 84% del total del área presente en la subcuenca.
- Dentro del área del Complejo del Páramo Santurbán se encuentran, en menor o mayor proporción, 56 títulos mineros.
- El área de exclusión tiene una superficie de 17.237.67 hectáreas, en las cuales hay títulos mineros que equivalen al 62.52% del área total de esta categoría y a un 51.91% del área total que cubre los títulos sobre la subcuenca.
- El área de Intervención con Restricción tiene 5.036.4 hectáreas, en las cuales hay presencia de títulos mineros que equivalen al 58.48% del área total de esta categoría y a un 15.17% del área total que abarca los títulos sobre la subcuenca.
- EL Área de Intervención tiene 10.933.7 hectáreas, en las cuales hay presencia de títulos mineros que equivalen al 40.17% del área total de esta categoría y a un 32.93% del área total que abarca los títulos sobre la subcuenca.
- Es evidente que el manejo del archivo de los procesos ambientales para minería dentro de la CDMB no cumple con la Resolución 594 del 2000.
- Aunque se evidencia que en la mayor parte de la zona minera sólo se han adelantado proyectos de subsistencia y de bajo grado tecnológico, la participación minera en la economía local llega a ser del 90%, con lo que se generan más 600 empleos directos (Upme 2006). Lo anterior sin tener en cuenta que en el área, actualmente se adelanta una exploración detallada por parte de empresas mineras.
- Gran parte del área de la Subcuenca del río Surata es la de mayor relevancia para explotación de oro en la cordillera oriental, tanto que en la zona comprendida entre las quebradas Páez y Angosturas y la cota 3500 m.s.n.m. se tiene conocimiento de reservas probadas del orden de 8.9 millones de onzas de oro, así como de recursos inferidos del orden de 35 millones de oro. Igualmente se conoce que las reservas medidas e inferidas para plata, ascienden a 59.6 millones de onzas y 19.2 millones respectivamente. (Greystar resources, 2003)
- La mayor afectación ambiental que se encuentra en la zona de estudio, corresponde al componente geoesférico, seguido del componente hídrico, ya que en estos se evidencian los mayores impactos generados.
- Se recomienda que antes de proferir los actos administrativos de aprobación de Planes de Manejo Ambiental a quienes vienen realizando actividades de explotación con título minero, se efectúe una retrospectiva de las normas minero-ambientales a aplicar en cada caso concreto, acordes con las circunstancias particulares que se presenten de cada uno de los trámites ambientales solicitados que recaen sobre títulos mineros, a efectos que le permita determinar la procedencia del PMA o de la licencia ambiental.

- Ejercer el respectivo control a la exigencia de realizar las publicaciones de los actos de iniciación de trámite en los términos que señalan los artículos 14 y 15 del C.C.A; así como de realizar las notificaciones de las decisiones cumpliendo las formalidades de los artículos 44 y 45 del C.C.A. E incorporar en el expediente los respectivos soportes de una y otra de esas notificaciones.
- Verificar que al momento de iniciar el trámite el solicitante hubiera aportado la totalidad de documentos exigidos en el artículo 24 del Decreto 2820 de 2010, comprobando lo señalado en los numerales 7 y 8 de la norma en cita; y en su defecto hacer el correspondiente requerimiento para proceder a la iniciación del trámite solicitado.
- Se recomienda que el acto administrativo que otorgue aprobación del Plan de manejo ambiental o licencia ambiental, acoja en su integridad las recomendaciones de orden técnico previstas en el concepto técnico que soporta la decisión administrativa a adoptar, y de esta forma prevenir discrepancias sobre la vigencia del plan de manejo ambiental.
- Igualmente fijar plazos para la ejecución de las actividades o trabajos impuestos al usuario, que faciliten el seguimiento a tales obligaciones del titular de la Licencia o del PMA y a la vez faculden la posibilidad de su exigibilidad de cumplimiento por parte de la CDMB.
- Debe hacerse un mayor seguimiento y dar aplicación oportuna a lo previsto en los artículos 12 y 13 del C.C.A.

#### **2.2.4 HIDROGEOLOGIA**

El agua, como elemento constituyente del sistema natural, cumple un papel muy importante dentro de los procesos de evolución del mismo. La Hidrogeología, explica la dinámica de este elemento en relación con los diferentes tipos de rocas de la corteza terrestre dentro de los conceptos de ciclo hidrológico, que contempla procesos como: precipitación, evapotranspiración, infiltración, escurrimiento, y cambio de almacenamiento.

Al precipitarse el agua a la superficie terrestre, en forma de lluvia, una parte de esta viaja sobre la misma (agua superficial) y otra se infiltra hacia el interior del suelo en las rocas de la corteza (agua subterránea), formando acuíferos o almacenes que pueden ser aprovechados por el hombre. La calidad de estos almacenes de agua depende de factores como: la porosidad y la permeabilidad de las rocas; y dependiendo del uso para el cual se requieran es importante analizar su composición química, dureza, contenido de material orgánico, etc. (que miden la calidad o grado de potabilidad) de los acuíferos.

El agua subterránea no sólo es una fuente de abastecimiento de dicho recurso, sino que está directamente relacionada con la estabilidad del terreno, siendo una de las causas detonantes de los movimientos en masa; pues al circular dentro del interior de los suelos y rocas crea presiones en las partículas que los conforman, disminuyendo la presión efectiva de estas y su resistencia al

corte, esto significa un desequilibrio en su composición natural, que conlleva a la desestabilización de los materiales.

#### **2.2.4.1 RESISTIVIDAD Y CORRELACIONES LITOLOGICAS**

En el entorno local del Paramo de Santurbán, solo se cuenta con información para el Altiplano de Berlín, en el resto del área del Paramo de Santurbán, no se han realizado estudios técnicos que dispongan de mayor información. De acuerdo al informe “Hidrogeológico del Macizo de Santander, Ingeominas 2009”, Para el área del paramo de Berlín, en el Municipio de Tona; se realizaron 18 sondeos eléctricos verticales (SEV's), y 5 cortes geoeléctricos. Dicho estudio, apoyado en el modelo digital de terreno, los rangos de resistividades correlacionados con las unidades litológicas, considero la distribución de resistividades en cada uno de los 5 cortes geoeléctricos e indica finalmente lo siguiente:

- Las resistividades encontradas en la zona del Altiplano de Berlín denotan que hay áreas potencialmente susceptibles para la explotación de aguas subterráneas.
- Se identificaron a grandes rasgos tres rangos o conjuntos de resistividades, correlacionadas con los diferentes estados de las rocas, sedimentos o depósitos Cuaternarios allí presentes. Estos rangos se correlacionaron así:
  - Resistividades entre 5 y 210 ohm-m, corresponden a materiales desde arcillosos, hasta arenosos y saprolito, saturados.
  - Resistividades entre 210 a 1008 ohm-m, corresponden a rocas ígneas y metamórficas fracturadas, las cuales tendrían permeabilidad secundaria.
  - Por último, resistividades altas, desde 1008 y hasta 24331 ohm-m, corresponden a rocas ígneas y metamórficas compactas, cuya resistividad es mayor cuanto menor sea su grado de fractura.

#### **2.2.4.2 REGÍMENES DE CIRCULACIÓN DEL AGUA**

##### ***2.2.4.2.1 Cuenca Rio Charta***

En el estudio del Plan de Ordenamiento Ambiental (POA) del Rio Charta, se presenta información relacionada con los regímenes de circulación del agua subterránea para las diferentes clases de rocas cartografiadas dentro de la microcuenca del río Charta.

##### **Rocas ígneo - metamórficas**

Las rocas metamórficas del Neis de Bucaramanga, Formación Silgará y Ortnes y las rocas Igneas del Plutón de Páramo Rico, la Cuarzomonzonita de la Corcova y los demás cuerpos graníticos pequeños, aflorantes en la zona de estudio desarrollan principalmente un régimen de circulación hipodérmico, el cual puede considerarse moderado a bastante rápido, principalmente donde los suelos residuales alcanzan espesores importantes con profundidades mayores a diez metros, particularmente por encima de los 2000 m de altitud. La composición areno arcillo - limosa de los suelos les da una porosidad relativamente buena y por lo tanto una velocidad de infiltración importante. En general representan buenos almacenamientos subsuperficiales de agua, sin embargo en períodos muy secos son susceptibles de agotarse rápidamente.

La microcuenca de la quebrada Páramo Rico y la parte media - alta de las microcuencas de las quebradas Montechiquito, Durán, El Juncal y la parte alta de la quebrada pantanos pueden clasificarse dentro de esta categoría. En estos sectores en profundidad y dado el carácter cristalino compacto de la estructura de este tipo de rocas, no da lugar a porosidad primaria, presentando un comportamiento impermeable en profundidad. Esto significa que su potencialidad como almacenador de agua subterránea a profundidades mayores a la zona de contacto con los suelos residuales es baja.

En otros sectores donde el drenaje presenta control estructural este régimen pasa a un régimen freático diacrático con permeabilidad secundaria, como es el caso de las laderas aledañas a los cauces del río Charta en su parte media - alta y al de la quebrada La Cristalina en su parte baja; así mismo donde este tipo de rocas está desprovisto de suelo con pendientes altas se presenta un régimen superficial con escurrimiento difuso como es el caso de la parte media y baja de la microcuenca de la quebrada El Pantano y drenajes menores localizados en las veredas Pico y Palmas, Ovejera y Abejas. También se presenta régimen superficial en la parte alta de la cuenca donde la erosión glaciática despoja a este tipo de rocas del suelo residual, aún en zonas con pendientes moderadas a bajas.

#### **Rocas Sedimentarias**

Teniendo en cuenta el predominio de texturas finas con lutitas de las formaciones Paja, tablazo, Rosablanca, Simití y Umir, sobre este tipo de rocas tiende a presentarse un régimen de circulación superficial que varía de escurrimiento difuso a intenso, este último en zonas de afloramientos rocosos, tales como los observados sobre la margen izquierda del río Charta en su parte alta. Las cuencas de las quebradas La Rinconada y La Cristalina en su parte alta pueden ser consideradas como zonas con escurrimiento difuso.

Sobre las formaciones calcáreas (Rosablanca y tablazo) pueden presentar en profundidad un régimen de circulación freático diacrático, particularmente en zonas de alto fracturamiento como en algunos sectores de la microcuenca de la quebrada La Rinconada. También el nivel superior de la Formación Tambor presenta buena permeabilidad dado su carácter arenoso y conglomerático, puede constituir localmente una zona de recarga de acuíferos en profundidad.

#### **2.2.4.3 IMPACTOS SOBRE EL RECURSO HIDROGEOLOGICO**

De acuerdo al estudio “Evaluación del peligro a la contaminación del recurso hídrico subterráneo en la cuenca superior del río Lebrija” elaborado por el Grupo de investigación en predicción y modelamiento hidroclimático (GPH) de la UIS y la CDMB, se indica que la mayor fuente de contaminación del agua subterránea es producto de los cultivos agrícolas dada la utilización indiscriminada de fertilizantes; le siguen en importancia la contaminación generada por las aguas residuales de las viviendas rurales, las actividades pecuarias, cementerios y pozos sépticos”. Una de las áreas más afectadas por la contaminación es en el altiplano de Berlín, a causa de la gran cantidad de cultivos transitorios de cebolla. Mientras que en la Cuenca del Río Tona la afectación es a causa de cultivos silvoagrícolas con sombra, como lo son la naranja y el plátano entre otros.

El estudio indica que entre los sistemas hidrogeológicos más vulnerables se encuentran el altiplano de Berlín. En donde se ubican acuíferos libres localizados en depósitos aluviales, en el







Tabla 49. Rangos de pendientes presentes en el Paramo de Santurbán.

SÍMBOLO	TOPOGRAFIA	PENDIENTE
a	Relieve plano a ligeramente ondulado	0 – 3%
b	Relieve ligeramente ondulado	3 - 7%
c	Relieve ondulado	7 – 12%
d	Relieve quebrado	12 – 25%
e	Relieve fuertemente quebrado	25 - 50%
f	Relieve escarpado	50 – 75%
g	Relieve muy escarpado	>1 75%

## 2.2.6 GEOMORFOLOGIA

En el entorno local del Paramo Santurbán, se presentan geoformas estructurales (plegamiento, fallamiento, etc.), glacifluviales (en las zonas de mayor altura), denudacionales (en las zonas de subpáramo y páramo), fluvio erosionales (en las vertientes) y degradacionales (en menor cantidad). En los sectores donde la humedad es más baja, se observa un desarrollo acelerado de la erosión. Véase mapa de gran paisaje y paisaje.

### 2.2.6.1 TIERRAS PARAMUNAS SEMIHÚMEDAS A SUBHÚMEDAS

Dos grandes Paisajes: Cumbres montañosas glacifluviales y Cumbres montañosas fluvio-erosionales peniplanizadas.

**A. Cumbres montañosas glacifluviales.** Corresponde al conjunto de geoformas con típica morfología glacial heredada, propia de las eras glaciales del período Pleistoceno, localizadas en los terrenos que se elevan por encima de los 3.500 m.s.n.m., en donde la erosión por escorrentía ha sido insignificante. En el área de estudio estas geoformas ocupan una extensión de 29.417, 2 ha. Se reconocen tres paisajes fisiográficos:

**a). Circos y artesas rocosas.(paisaje A1).** Corresponde a las posiciones más elevadas y de mayor extensión en la zona de estudio, con un área de 25.429,8 ha. El fondo de la mayoría de artesas es cóncavo, irregular, con algunas depresiones lagunares o pantanosas separadas por promontorios rocosos (umbrales). Bajo el régimen de temperatura que allí domina, inferior a 00C, los únicos procesos morfogenéticos notables son los de gelifracción y acumulación gravitacional de conitos de derrubios al pie de algunas laderas.

De este paisaje hacen parte, de norte a sur, los denominados páramos de Loma Grande, de Monsalve, Los Puentes, Santurbán, El Purgatorio y El Colorado.

**b). Fondo de artesa y olla glaciaria colmatada.(paisaje A2).** Ocupa una extensión de 2466 has del paisaje del paramo, tienden a dominar los suelos orgánicos sobre los cuales crecen gramas, llantén y musgo sphagnum. En este paisaje es comun encontrar derrubios de gelifracción procedentes de las laderas rocosas circundantes. En algunos casos, aquí nacen las principales corrientes fluviales que bañan las tierras más bajas. en el área de estudio éste paisaje ocupan una extensión muy baja, 2.466, 7 ha. Lógicamente, se localizan en los mismos páramos antes mencionados.

**c). Morrenas latero - terminales (paisaje A3)** Son normalmente cerros estrechos y empinados, arqueados cuesta abajo, a veces afectados por erosión en cárcavas y minideslizamientos, lo cual es favorecido por la baja cohesión de sus materiales, ocupan una extensión de 1224 has, su cobertura vegetal está representada por pajonales y frailejones dispersos, tienen importancia desde el punto de vista de uso y manejo producto de las tierras.

**B. Cumbres montañosas fluvio-erosionales peniplanizadas.** El segundo gran paisaje de las tierras paramunas se extiende aproximadamente entre los 3.000 hasta unos 3.500 msnm, donde se exhibe un modelado predominantemente fluvio-erosional el que a imprevisto rasgos particulares en aquellas geoformas con materiales diferentes, y ocupan una extensión de 44.446, 4 ha.

Se caracteriza por su cobertura predominantemente herbácea, su relieve relativamente suave y con desniveles poco marcados, cruzado por redes de drenaje poco entalladas, lo que contrasta enormemente con el relieve fuertemente socavado y abrupto que desciende hacia las tierras frías y templadas. De todos modos, la variada litología de esta zona, cuya expresión topográfico-pedológica parece bastante contrastante, ha permitido diferenciar los siguientes paisajes fisiográficos:

**a). Crestas ramificadas en paramos (paisaje B1).** Es el primero de los paisajes representativos de la franja subparamuna-paramuna, en donde parecen dominar los procesos de denudación fluvio - gravitacional y unos procesos periglaciales y pedogenéticos de muy baja intensidad, determinados por el régimen de temperatura (0°C a 8°C) que allí prevalece, responsable de la ausencia de vegetación arbórea y arbustiva y además inhibe el desarrollo de cultivos rentables.

El paisaje es bastante homogéneo y cubre una considerable superficie 5.950,2 ha distribuida en el Páramo Tasajeras, laderas occidentales del Páramo Monsalve, Páramos de Rorneral y los Puentes; altos del Corregimiento Vetas y en las laderas occidentales intermedias del Páramo de Santurbán, en el nacimiento del río Cucutilla.

**b). Lomas y aplanamientos disectados en rocas ígneas intrusivas félsicas (paisaje B2).** Se extiende por los altos de la hoya del río Charta, del Páramo de Pescadero, bordeando la quebrada Aguaclara en el Páramo de Berlín e igualmente en el Páramo de Arenales, a lado y lado de la quebrada del mismo nombre. De igual modo, al sudeste de la localidad de Berlín, departamento de Santander y en una extensión total de 12.685,1 ha.

Puede reconocerse una superficie peniplanizada de bajo relieve local, alomado - colmada, variada en su topografía y, afectada en distintos sectores por erosión acelerada de diversa intensidad, mayormente de carácter antrópico. Adicionalmente, la unidad parece estar en una etapa de rejuvenecimiento, ya que la mayor parte de su red fluvial está entallándola y generando caños y cañadas más profundas.

**c). Crestas semicupulares ramificadas en filita-esquistos (paisaje B3).** Morfológicamente presenta unas montañas bajas, algo ramificadas, con cimas e interfluvios semiredondeados, entre los cuales escurren drenajes estrechos pero profundos distribuidos en una red subdendrítica a subparalela de regular a baja densidad. En ciertas unidades se reconocen calvas interfluviales y varias cárcavas, además de terracetas.

El paisaje fisiográfico se extiende en un área de 7.205,9 ha de norte a sur por el Páramo de Jordán y el Alto de Guaricha; por el Morro de Ochos y la Pedregosa, entre las quebradas Arenales y río Saladito.

**d). Lomas y aplanamientos disectados en cuarzo ortoneis (paisaje B4).** Abarca una superficie de 6022 has y las unidades más representativas se localizan en el Alto La Cumbre y Alto Tierra Negra, en el Páramo de Berlín; también en la loma las Catas, en las faldas orientales del Páramo de Santurbán y el Morro Nevado, a la altitud de los poblados de Silos y Mutiscua.

Al igual que en el paisaje B2, también se han reconocido antiguos aplanamientos cuya topografía alomado - ondulada contrasta significativamente con aquella de los paisajes circundantes y, más aún, con la de las montañas que desciende hacia las tierras frías.

**e). Crestas ramificadas y lomas en complejo de limolital lutitalareniscal conglomerático caliza (paisaje B5).** Se presenta al este de Morro Bravo y al occidente del Páramo El Colorado; en el área de estudio estas geoformas ocupan una extensión de 4.278,1 ha.

Aunque debería esperarse una morfología variada del paisaje, dada la complejidad de su litología, la tendencia es la de mostrar superficies colmadas y alomadas con cierta concordancia de sus niveles interfluviales, asociadas a cerros de cimas agudas a subredondeadas pero con laderas empinadas.

**f). Vallecito agradacional intramontano (paisaje B6).** Varias de las corrientes de agua que nacen en las lagunas de las cumbres glacifluviales, luego fluyen por la superficie peniplanizada del páramo – subpáramo, han logrado colmar sus valles ya con sedimentos dendríticos, tipo DRIFT, y con coluviones finos procedentes de sus laderas encajantes. De éste modo se han originado geoformas alargadas y estrechas, de fondo aplanado, en donde se han concentrado asentamientos humanos que buscan intensificar el uso agrícola.

**g). Montañas cumulares y crestadas en arenisca l caliza (paisaje B7).** Este paisaje ocupa una extensión de 8.177,5 ha fue reconocido al pie del Páramo El Colorado, en alrededores de la escuela nueva La Esperanza, sector noroeste del área de estudio y al este de la población de Cachira.

La geoforma se caracteriza por los típicos rasgos de las estructuras homoclinales que se conservan perfectamente en estratos de arenisca, con su ladera de buzamiento regular y alargada, cubierta por un delgado manto de meteorización que apenas sustenta una vegetación achaparrada. También su contrapendiente el más abrupta e irregular, donde aflora la roca, e igualmente ofrece cimas convexas y suavemente inclinadas.

#### **2.2.6.2 TIERRAS FRÍAS Y MUY FRÍAS HÚMEDAS:**

Cuatro grandes Paisajes: Relieve montañoso fluvio erosional, Relieve montañoso estructural erosional, Geoformas gravitacionales e hidrogravitacionales de piedemonte, Valle agradacional intramontano.

**C. Relieve montañoso fluvio erosional.** Comprende todas las montañas cuya altura y geoformas se deben exclusivamente al trabajo denudacional de la lluvia, la escorrentía y a los fenómenos gravitacionales e hidrogravitacionales que han actuado a lo largo del tiempo geológico, afectando principalmente a las rocas intrusivas, ígneas y metamórficas y especialmente a sus alteritas y suelos. En el área de estudio estas geoformas ocupan una extensión de 47.729,9 ha.

Las diferencias morfológicas entre sus distintos paisajes quedan establecidas por los contrastes más o menos marcados en las características de sus respectivos patrones de drenaje (forma de la red, densidad, profundidad de incisión), de sus interfluvios y en los desniveles del relieve.

**a). Montañas ramificadas en asociación de paraneis y cuarzomonzonita (paisaje C1).** Se trata de un paisaje montañoso por excelencia, con grandes desniveles, surcado por una red de drenaje dendrítica a subdendrítica, densa y profunda, con cimas e interfluvios estrechos y valles en V de fondo sinuoso. En el área de estudio estas geoformas ocupan una extensión de 6.250,9 ha; denominan los suelos arenosos que se desarrollan principalmente a partir de las cuarzomonzonitas, poco coherentes ya altamente susceptibles a la remoción en masa, especialmente a los deslizamientos y la solifluxión laminar plástica en terracetas o pisadas de ganado, que parece ser el común denominador de los lotes bajo pastoreo.

**b). Montañas ramificadas en rocas ígneas intrusivas félsicas (paisaje C2).** Comprende un sistema de montañas con un eje principal y numerosos ramales de primero y segundo orden que decrecen en diferentes direcciones, separados por drenajes profundos y estrechos dispuestos en el clásico patrón dendrítico denso, a veces controlado estructuralmente. Posee una extensión de 6.376 ha.

**c). Montañas ramificadas en filita / esquisto / cuarcita (paisaje C3).** Sobre las rocas metamórficas de bajo grado, como las filitas y esquistos, también se ha desarrollado un relieve montañoso abrupto. Los suelos desarrollados a partir de filitas-esquistos tienden a ser arcillosos y más fértiles que aquellos sobre rocas ígneas félsicas; su uso agropecuario tiende a ser más intenso a costa de las áreas boscosas, ello quizás está incidiendo además, en la ocurrencia de algunos deslizamientos decamétricos y de solifluxión laminar plástica.

El área cubierta por este paisaje es de 19.714,7 ha; se reconoció en las Cuchillas La Quincha y La Pancha, municipio de Tona, así como en la llamada mesa de Juan Rodríguez del mismo municipio.

**d). Montañas ramificadas en ortoneis y neis tonalítico (paisaje C4).** El paisaje cubre un área de 13.978 ha en la zona de estudio, cruza el municipio de Tona, de sur a norte, bajo el nombre de la Loma de Guayabal. Otras unidades se reconocieron al sur de Arboledas y cruzando el río Carabá, en el tramo donde aparece encañonado entre aplanamientos.

La erosión fluvial ha esculpido sobre los mantos de meteorización derivados de ortoneis, una red de drenaje subdendrítica a subparalela, densa y moderadamente profunda. En aquellos lotes bajo pastoreo se han formado patrones de terracetas y minideslizamientos.

**e). Montañas ramificadas en paraneis (paisaje C5).** Sobre estas rocas metamórficas de origen sedimentario se continúa el fuerte relieve montañoso que caracteriza a la zona. Ocupan un área de 13.383,4 ha del paisaje y permite localizarlo en el sector norte-centro, hasta la quebrada La Baja, en la cabecera del río Vetás.

**D Relieve montañoso estructural erosional.** Corresponde al conjunto de montañas y colinas cuya altura y formas han sido determinadas inicialmente por plegamiento de capas sedimentarias de diferente naturaleza, seguido de un remodelado parcial originado por procesos de denudación fluvio gravitacional, el cual no ha borrado aún parte de las estructuras originales. En el área de estudio estas geoformas ocupan una extensión de 43.259, 4 has, y se presentan cinco tipos de paisaje.

**a). Barras - espinazos homoclinales en lutita 1 caliza / arenisca(paisaje D1).** Cubre un área de 11.633,2 ha y se extiende entre los municipios de Charta y California, con rumbo norte: Loma Padilla, Cuchilla Monsalve; Vereda Las Abejas e igualmente desciende desde el Alto el Picacho (Antena Telecom) por la quebrada Ucatá.

En general, el relieve puede calificarse como moderado, con topografía variada que incluye montañas bajas y lomas, en gran parte de las cuales se advierte la sustitución del bosque por pastizales y algunos cultivos.

Sobre las lajas de arenisca parecen desarrollarse suelos superficiales, los que sólo sustentan una vegetación de gramas y en los estratos semiocultos de lutita las alteritas son más espesas, pudiendo soportar vegetación arbórea.

**b). Cresta - chevrón homoclinal en arenisca cuarzosa(paisaje D2).** Dentro del grupo de paisajes estructural - erosional, éste es el que mejor ha conservado su morfología original gracias a la dureza y resistencia a la meteorización de sus lajas de arenisca cuarzosa.

El paisaje está asociado espacialmente con el anterior en los alrededores de Cáchira y con una pequeña extensión al occidente de Arboledas. Se extiende al sudeste de Charta, por la cuchilla Morro Alto, justamente en límites de los municipios de Tona y Charta; igualmente, por la cuchilla Piedra Blanca que sigue por la margen izquierda del río Charta en su curso superior y continúa por el filo Callejón Amarillo. Estas geoformas ocupan un área de 5.141, 8 ha.

**c). Montaña homoclinal (o anticlinal) Indeterminada en arenisca conglomerática (paisaje D3).** Son geoformas de tipo estructural- erosional fuertemente modificadas en su morfología inicial por un prolongado proceso de denudación fluvio-gravitacional. Ocupan un área de 14.120,3 ha, en el extremo noroccidental, aproximadamente entre las poblaciones de Suratá y Cachirí

La topografía es variada, aún cuando predominan las pendientes fuertes, largas y bastante regulares, en algunos lugares con huellas de remoción en masa, representadas por cicatrices de deslizamientos en lotes bajo bosque y pisadas de ganado en potreros.

**d). Cresta homoclinal en arenisca (paisaje D4).** La cresta homoclinal es un paisaje simple, estrecho y alargado, sin ramificaciones, con una ladera estructural poco disectada, cuyo buzamiento es mayor de 25° (mayor de 55%) y una contrapendiente subvertical en la cual los estratos aparecen recortados ya por fallamiento o bien por erosión. Ocupan una extensión de 1.859, 8 ha, al sur de Cáchira y hacia el sur de Mutiscua. En ambos sectores se reconoció un patrón de drenaje paralelo muy poco denso y superficial.

**e.) Lomas y pedimentos asociados, en lutita y caliza (paisaje D5).** A diferencia del anterior, éste es un paisaje compuesto, por cuanto en su esqueleto se reconocen estratos blandos de lutita y estratos duros de caliza o arenisca. Se localiza exclusivamente en el sector centro-oriental del área de estudio, cubriendo un área de 3.902,1 ha, al oeste de Pamplona, teniendo como epicentro a la población de Mutiscua su localización fertilidad de su suelo explican la intensidad del uso de la tierra de carácter agropecuario y los pequeños relictos de bosque.

#### **E. Geoformas gravitacionales e hidrogravitacionales de piedemonte.**

Es un gran paisaje de escasa extensión, ocupa un área de 1479,2 ha y se encuentra constituido por pequeñas unidades dispersas determinadas por la acumulación en rellenos o en la base de algunas laderas, de coluviones finos y heterométricos, materiales resultantes de deslizamientos y otros fenómenos de remoción en masa.

Teniendo en cuenta la fuente de los coluviones se definen los paisajes siguientes:

**Coluvios de remoción (paisaje E1,E2 y E3).** El tercer grupo de paisajes de las tierras frío -húmedas son de carácter agradacional, es decir, que se han originado por sedimentación gravitacional e hidrogravitacional, ya en rellanos o bien al pie de las laderas de montañas y colinas. En el área de estudio estas geoformas ocupan un área de 1.430, 8 ha.

Se trata de geoformas de pequeñas dimensiones, dispersas, con topografía irregular, inclinado -ondulada, siempre más suave en comparación con terrenos circundantes. Sus materiales suelto y del cuaternario. Son casi siempre heterométricos, con fragmentos de roca angulosos a subangulosos dispuestos en un patrón caótico.

**F.Valle agradacional intramontano.** Cubre una de 7.976,3 ha; incluye pequeños valles estrechos aluvio-coluviales y coluviales, formados en ciertos tramos de algunas corrientes probablemente por rellenos torrenciales. Su topografía es plano -cóncava o cóncava en sección transversal y con suave declive longitudinal. Justamente, el tipo de relleno y la altura respecto a la corriente fueron los criterios para definir tres paisajes: Plano coluvial, Plano de inundación aluvio – coluvial, Terraza aluvio – torrencial

**Vallecitos agradacionales intramontanos.** (Paisajes F1, F2, F3) Estan localizados en la zona fría -húmeda han colmatado sus valles con coluviones o con una mezcla de aluviones y coluviones, dando lugar a geoformas alargadas y estrechas de fondo cóncavo o plano - cóncavo, limitadas por terrenos empinados, las que frecuentemente sufren los efectos de las crecidas torrenciales. Los ríos que forman un valle agradacional en tramos de sus cursos son: Cucutilla, Villa Caro, La Carrera, Cáchira.

El análisis de las características dominantes de los elementos geomorfológicos colocan a la Unidad Biogeográfica de Santurbán en una situación de elevado cuidado en su manejo ambiental y territorial por la fragilidad de su relieve y a los potenciales factores dominantes de riesgos naturales asociado a movimientos en masa, sismicidad y erosión natural.

En síntesis, en el Paramo de Santurbán se observan grandes paisajes y paisajes que han sido modelados por el plegamiento y fallamiento de la cordillera; por los procesos glaciofluviales de las glaciaciones del cuaternario; por procesos denudacionales, fluvio erosionales y

degradacionales. Siendo de los anteriores, el modelado glacio fluvial uno de los indicadores mas representativos para la delimitación del Paramo de Santurbán. Ver Tabla 50. Resumen de los grandes paisajes y paisajes fisiográficos.

Tabla 50 .Resumen de los grandes paisajes y paisajes fisiográficos

CLIMA	GRANDES PAISAJES	PAISAJES	CONVENCION
TIERRAS PARAMUNAS SEMIHÚMEDAS A SUBHÚMEDAS	Cumbres montañosas glacifiuviales >3500 msnm	Circos y artesas rocosas	A1
		Fondo de artesa y olla glaciaria colmatada	A2
		Morrenas latero - terminales	A3
	Cumbres montañosas fluvio-erosionales peniplanizadas. 3000- 3500	Crestas ramificadas en paraneis	B1
		Lomas y aplanamientos disectados en rocas ígneas intrusivas félsicas	B2
		Crestas semicupulares ramificadas en filita-esquisto	B3
		Lomas y aplanamientos disectados en cuarzo ortoneis	B4
		Crestas ramificadas y lomas en complejo de limolital lutitalareniscal conglomerática caliza	B5
		Vallecito agradacional intramontano	B6
		Montañas cumulares y crestadas en arenisca l caliza	B7
TIERRAS FRÍAS Y MUY FRÍAS HÚMEDAS	Relieve montañoso fluvio erosional	Montañas ramificadas en asociación de paraneis y cuarzomonzonita	C1
		Montañas ramificadas en rocas ígneas intrusivas félsicas	C2
		Montañas ramificadas en filita / esquisto / cuarcita	C3
		Montañas ramificadas en ortoneis y neis tonalítico	C4
		Montañas ramificadas en paraneis	C5
	Relieve montañoso estructural erosional	Barras - espinazos homoclinales en lutita l caliza / arenisca	D1
		Cresta - chevrón homoclinal en arenisca cuarzosa	D2
		Montaña homoclinal (o anticlinal) Indeterminada en arenisca conglomerática	D3
		Cresta homoclinal en arenisca	D4
		Lomas y pedimentos asociados, en lutita y caliza	D5
	Geoformas gravitacionales e hidrogravitacionales de piedemonte	Coluvios de remoción	E1-3
	Valle agradacional intramontano.	Vallecitos agradacionales intramontanos.	F1-3

Fuente: Este Estudio

### 2.2.7 SUELOS

La información de suelos para el entorno local del Paramo de Santurbán, se retomó de los estudios existentes como “Estado actual del páramo región nororiental unidad biogeográfica Santurbán – departamento norte de Santander” y de los estudios de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Los símbolos de las unidades de suelo están representados por tres letras mayúsculas que indican: la primera el clima, la segunda el tipo de relieve y la tercera la litología (material parental dominante). Estas letras están acompañadas por subíndices alfanuméricos que indican rango de pendiente, grado de erosión, pedregosidad y rocosidad.

Letras empleadas para el clima:

- E = Páramo Alto (Extremadamente Frío húmedo y muy húmedo)
- P = Páramo Bajo (Muy Frío húmedo y muy húmedo)
- F = Frío muy húmedo
- H = Frío húmedo
- X = Frío seco

Letras empleadas para los tipos de relieve:

- R = Cresta Ramificada
- C = Cresta Homoclinal Abrupta y /o Cumbre Glaciar
- K = Crestón Homoclinal
- L = Lomas
- G = Glacís (Coluvio-Aluvial)
- V = Vallecitos (Aluvio-Coluvial)

Letras empleadas para litología:

- I = Rocas Ígneas (Granodioritas, Cuarzomonzonitas, Tonalitas)
- B = Rocas Metamórficas (Gneis de Bucaramanga)
- M = Rocas Metamórficas (Filitas, esquistos)
- S = Rocas sedimentarias mixtas (Areniscas, Calizas, lutitas)
- A = Rocas Sedimentarias (Arenisca)
- Z = Rocas Sedimentarias (Caliza)
- Y = Rocas Sedimentarias (Arcillolitas, Lutitas, Lodolitas, calizas y areniscas de grano fino)
- D = Depósitos superficiales (Coluvio-aluvial)
- W = Depósitos superficiales (Aluvio-Coluvial)

Letras minúsculas empleadas para las fases de pendiente:

- a = Pendiente 1-3%, topografía plana
- b = Pendiente 3-7%, topografía ligeramente inclinada y ligeramente ondulada
- c = Pendiente 7-12%, topografía inclinada y ondulada
- d = Pendiente 12-25%, topografía fuerte/te ondulada y fuerte/te inclinada
- e = Pendiente 25-50%, topografía fuertemente ondulada, ligeramente quebrada y ligeramente escarpada
- f = Pendiente 50-75%, topografía fuertemente quebrada y escarpada
- g = Pendiente > del 75%, topografía muy escarpada

Números arábigos empleados para fases por erosión:

- 1 = Grado de erosión ligera
- 2 = Grado de erosión moderado
- 3 = Grado de erosión severo

Letras empleadas para las fases por pedregosidad y afloramiento rocoso:



p = Pedregosidad  
r = Afloramiento rocoso

De acuerdo con las letras mayúsculas y subíndices empleados, cada nomenclatura o símbolo como identificador particular de cada unidad, puede interpretarse de acuerdo al siguiente ejemplo: FRIf3.

F = Clima frío muy húmedo  
R = Relieve de Crestas Ramificadas  
I = Rocas Ígneas (cuarzomonzonitas, granodioritas, tonalitas)  
f = Pendiente 50 - 75%, topografía muy fuertemente quebrada y empinada  
3 = Erosión severa

A continuación se hace la descripción del paisaje de montaña y sus respectivas unidades cartográficas de suelos, al igual que, sus componentes taxonómicos, dentro del área de estudio establecida. Se discute lo relacionado con su localización geográfica y geomorfológica, clima ambiental, material geológico, relieve, pendiente, erosión, propiedades físicas (drenaje, grupo textural), propiedades químicas (pH, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, saturación de aluminio intercambiable, fertilidad).

#### **2.2.7.1 PAISAJE DE MONTAÑA**

El paisaje de los suelos de montaña, hace parte de la formación orogénica de la cordillera Oriental, donde se aprecian un ambiente morfogénico estructural - denudacional. La altitud de este paisaje varía entre los 2800 y los 4.200 metros, lo cual determina una variedad de pisos térmicos, desde Extremadamente Frío (Páramo alto) a Muy Frío (Páramo bajo). Donde las temperaturas medias anuales ambientales van de 5°C a 30°C. Además, la distribución de las lluvias fluctúa entre los 500–4000mm anuales determinando diferentes provincias de humedad, desde la seca hasta la muy húmeda.

Desde el punto de vista geomorfológico, el paisaje de montaña presenta diferentes tipos de relieve, denominados: cumbres glaciáricas, crestas homoclinales abruptas, crestones homoclinales, crestas ramificadas, lomas, glacís, vallecitos intermontanos.

Los primeros tres tipos de relieves, mencionados anteriormente, se han formado a partir de rocas sedimentarias, donde los afloramientos rocosos son frecuentes y los suelos dominantes son superficiales. Dentro de estos relieves aparecen en forma intercalada tipos de relieves de crestas ramificadas, las cuales se han originado de rocas ígneas y metamórficas, al igual que rocas sedimentarias (arcillolitas, limolitas, lutitas y calizas). En altitudes superiores a los 2200 metros hay ceniza volcánica en superficie originándose en la mayoría de estos relieves suelos andisoles. En todos ellos, las pendientes son pronunciadas, generalmente mayores del 50%. Los movimientos en masa, especialmente derrumbes, y desprendimientos de roca, han afectado a estos tipos de relieves; también se han hecho presentes procesos de solifluxión, reptación y deslizamientos debido a las altas precipitaciones de lluvia, a la tala y quema de la vegetación arbórea. El escurrimiento difuso y concentrado es ligero a moderado en zonas de baja precipitación de lluvias y en los suelos originados de rocas cuarzomonzonitas. En épocas pasadas la acción glacial se manifestó en altitudes de más de 3000m, evidenciándose superficies de abrasión con alta concentración de fragmentos de roca, al igual que rocas aborregadas, hoyos de nivación, morrenas de fondo y algunas morrenas horizontales.

Los tipos de relieve de lomas presentes, están conformados por los materiales geológicos de los anteriores relieves; su aparición y posición probablemente obedece a fenómenos de tectonismo y al desplazamiento de grandes volúmenes de tierra por causa de movimientos en masa. La topografía dominante es ligeramente ondulada a fuertemente ondulada, con pendientes menores del 50%; están afectadas por procesos de solifluxión, reptación y algunas por incisiones profundas.

Los tipos de relieve de glacís y de vallecitos intermontanos, localizados de preferencia dentro de los relieves de restas ramificadas y de las lomas del páramo bajo, se muestran en forma de superficies amplias, poco encisadas, con diferentes grados de pendiente, generalmente menores del 25%. Se encuentran en ellos algunos sectores afectados por acumulación de fragmentos de roca en superficie.

El modelado de los relieves del paisaje de Montaña se ha originado por procesos erosivos de escurrimiento, por procesos de erosión geológica, también por la acción de los continuos aportes de ceniza volcánica en épocas pasadas que recubrieron amplias áreas del paisaje. Los factores determinantes en la formación de los suelos, son básicamente: el material parental, el clima y el relieve. En su conjunto han originado preferentemente la existencia de suelos de escaso desarrollo genético, con alta a media saturación de bases, moderados a muy fuertemente ácidos, y de fertilidad baja a moderada.

En los tipos de relieve de cumbres glaciáricas y crestas homoclinales abruptas existentes en los pisos térmicos extremadamente frío no se da ningún tipo de vegetación, y en clima muy frío sólo se ha desarrollado vegetación herbácea (oreja de ratón) y vegetación de frailejones y la vegetación arbórea ha sido remplazada por pastos y hortalizas en los relieves suaves de lomas, glacís y vallecitos. En sectores de las geoformas de relieve quebrado y muy escarpado, que se manifiestan dominantes, en los pisos térmicos frío, se han establecido pastos y la vegetación arbórea densa sólo se conserva donde la pluviosidad es muy alta.

#### ***2.2.7.1.1 Consociación: Afloramientos Rocosos. Símbolo ECSgr***

La unidad se encuentra a una altitud de 3600 a 4200 metros, dentro de un clima extremadamente frío, húmedo y muy húmedo. Caracterizado por una temperatura media anual de 6°C y una precipitación inferior a los 2000 mm; lo cual, según Holdridge corresponde a las zonas de vida de bosque húmedo montano (bh-M) y bosque muy húmedo Montano (bmh-M).

Geomorfológicamente corresponde a relieves de Cumbres Glaciáricas constituidas, principalmente, de areniscas con intercalaciones de lutitas y calizas, la topografía es escarpada, con pendientes mayores del 75%. En las laderas hay entalles semilunares, oblicuos y semiparalelas producto de procesos de glaciación y periglaciación, al igual que hay acumulación de materiales detríticos y/o morrenas de diferente forma: En algunos sectores, amplios, se han originado superficies de rocas aborregadas, donde no se sostiene ningún tipo de vegetación.

La unidad está integrada por Afloramientos Rocosos y cuerpos de agua (lagunas) de tamaño considerable. La evolución de los suelos que se alcanzan a percibir en las áreas de menor pendiente no es significativa, ni cartografiable.

Por carencia casi absoluta de suelo y las fuertes pendientes, permite clasificar la unidad cartográfica en la clase VIII por su capacidad de uso. Se debe proteger para conservar los

nacimientos de corriente de agua y la belleza del paisaje, que lo hace atractivo para el desarrollo de programas turísticos.

#### **2.2.7.1.2 Consociación *Lithic Cryorthents*. Símbolo EVWa**

La consociación se ubica en el municipio de Silos, entre los 3,600 y 3,700 msnm, dentro de un clima extremadamente frío, húmedo y muy húmedo. Caracterizado este clima por una temperatura media anual de 6° C y una precipitación inferior a los 2000 mm; lo cual, según Holdridge corresponde a las zonas de vida de bosque húmedo montano (bh-M) y bosque muy húmedo Montano (bmh-M).

Geomorfológicamente los suelos se sitúan en vallecitos alargados, angostos semilunares y en glacis de inclinación suave, con pendiente menores del 3%. Se encuentran constituidos por depósitos superficiales aluviales y coluviales con influencia glaciar. La vegetación natural corresponde principalmente a frailejones (*Espeletia lopezii*), plantas almohadilladas verdes (*Distichlis muscoides*) y arbustos de poca altura.

La unidad está integrada por suelos Lithic Cryorthents en un 100%.

Los suelos Lithic Dystrocryepts han evolucionado de acumulaciones superficiales de fragmentos de rocas sedimentarias, depositados en gran parte por influencia de procesos de glaciación; se caracterizan por presentar un perfil de nomenclatura A – R. El horizonte A es muy delgado y de color negro, son suelos muy superficiales, limitados por roca y alta saturación de agua, de textura franca arenosa con abundante cascajo, piedra y fragmentos de roca en su límite inferior. Tienen reacción extremadamente ácida (pH < 4.5), alto contenido de materia orgánica, con niveles bajos de calcio, magnesio y fósforo, de fertilidad natural muy baja.

La superficialidad de los suelos, la baja fertilidad y las temperaturas ambientales bajas constituyen los principales factores limitantes de uso, lo cual, permite clasificar estas tierras en la clase agrológica VIII. No tienen aptitud agrícola o pecuaria. Su conservación sirve para proteger el recurso hídrico.

#### **2.2.7.1.3 Grupo Indiferenciado: Afloramiento Rcoso, Lithic Humitropepts y Typic Troporthents. Símbolo PCSgr**

Este grupo de suelos se localiza en altitudes superiores a los 3000 metros, correspondiente a un clima muy frío, muy húmedo y húmedo. Caracterizado por una temperatura media anual de 8° C y una pluviosidad inferior a 2000 mm; según la clasificación de Holdridge corresponde a las zonas de vida de bosques muy húmedos y húmedos Montano (bmh-M y bh-M).

Ocupa tipos de relieve de Crestas Homoclinales Abruptas, de topografía muy fuertemente empinada, con pendientes superiores a 75%. La litología es variada, donde dominan las rocas de arenisca y lutita con inclusiones de caliza recubiertas, en pequeños sectores, con capas de ceniza volcánica. Hay procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos y desprendimiento de roca. En la actualidad los suelos se encuentran sosteniendo, principalmente, vegetación herbácea y arbustiva de páramo.

La unidad cartográfica está integrada en un 60% por Afloramientos Rcosos, en un 20% por suelos Lithic Humitropepts y un 20% por de suelos Typic Troporthents. También existen algunos cuerpos de agua (lagunas), mapeables a escala 1:100.000.

Los suelos Lithic Humitropepts han evolucionado de rocas de arenisca y lutitas; se caracterizan por presentar un perfil de nomenclatura A - AC - C - R. El horizonte A es de color negro y de textura franca; el AC es de color pardo grisáceo oscuro y textura franco arenosa y el horizonte C es de color oliva mezclado con pardo amarillento, su textura es franco gravilosa. Son suelos superficiales, bien drenados. La reacción es extremadamente ácida ( $\text{pH} < 4.5$ ); bajos contenidos de calcio, magnesio, fósforo; saturación de aluminio mayor del 80%. La fertilidad natural es baja.

Los suelos Typic Troorthents han evolucionado de caliza y presentan un perfil típico de nomenclatura A - AC - C. El horizonte A tiene un espesor de aproximadamente 50 cm, es de color negro a gris muy oscuro y su textura es franca arenosa; los horizontes AC y C tienen color pardo a pardo amarillento respectivamente, sus texturas son franco arcillo arenosa. Son moderadamente profundos, limitados por fluctuaciones del nivel freático. Químicamente tienen reacción muy fuertemente ácida ( $\text{pH} < 4.5$ ), bajos contenidos de calcio, magnesio, fósforo; saturación de aluminio mayor del 90%. La fertilidad natural es baja.

Las fuertes pendientes y la incidencia de heladas permiten clasificar estas tierras en la clase VIII por su capacidad de uso. La vegetación natural actual se debe preservar para proteger las numerosas corrientes de agua existentes.

#### ***2.2.7.1.4 Asociación: Lithic Humitropepts y Andic Humitropepts. Símbolo PRMfr***

Esta unidad se localiza en alturas que oscilan entre los 3000 y 3600 metros, correspondiente a un clima muy frío, húmedo y muy húmedo, el cual se caracteriza por una temperatura media de  $10^{\circ}\text{C}$  y una precipitación de lluvias de 500 a 2000 mm de promedio anual. Según Holdridge corresponde a las zonas de vida ecológicas denominadas bosque húmedo y muy Montano (bh-M y bmh-M)

Los suelos se localizan preferentemente en relieves de Crestas Ramificadas, conformadas por rocas metamórficas (filitas, esquistos y cuarcitas) con recubrimiento de ceniza volcánica, por sectores. La topografía es fuertemente empinada con pendientes mayores del 50%. Se encuentran afectados por procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos. La vegetación natural se conserva y es principalmente arbustiva y herbácea.

El Grupo Indiferenciado está integrado en un 70% por suelos Lithic Humitropepts y un 30% de suelos Andic Humitropepts. Los suelos Lithic Humitropepts, los cuales, se caracterizan por encontrarse en las áreas de mayor pendiente y donde es común encontrar en superficie capas delgadas de residuos orgánicos en proceso de mineralización, sepultando material mineral de textura franca. Son suelos superficiales limitados por roca, bien drenados. Tienen reacción extremadamente ácida ( $\text{pH} < 4.5$ ), capacidad de intercambio catiónico baja, saturación de aluminio mayor del 60%. Fertilidad natural muy baja.

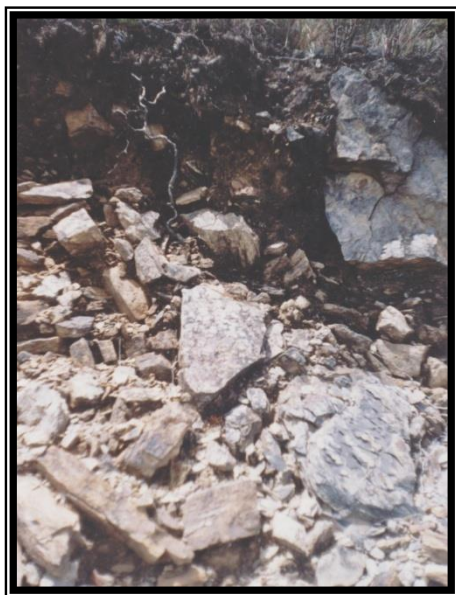
Los suelos Andic Humitropepts se caracterizan por la alta acumulación de hojarasca y residuos orgánicos depositados sobre roca coherente fragmentada y, además, presentan un perfil típico de nomenclatura A - B - C. El horizonte A tiene color pardo oscuro y textura franco arcillo arenosa; el B es de color pardo amarillento y blancuzco, de textura arcillo limosa; y el horizonte C es pardo rojizo con abundantes manchas y su textura es arcillo limosa. Químicamente tienen reacción muy fuertemente ácida ( $\text{pH} 4.5$  a  $5.0$ ), con muy bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; también la saturación de bases es baja al igual que la fertilidad natural.

Las fuertes pendientes, la presencia de heladas y la baja fertilidad ubican a estos suelos en la clase agrológica VIII por su capacidad de uso. Se deben mantener con vegetación de bosque. Se pueden desarrollar programas forestales donde ha sido talada la vegetación, utilizando variedades nativas y foráneas.

#### **2.2.7.1.5 Grupo Indiferenciado: *Typic Dystropepts, Lithic Troorthents y Afloramientos Rocosos. Símbolo PRYf.***

Este grupo de suelos se localiza en altitudes superiores a los 3000 metros, correspondientes a un clima muy frío, muy húmedo y húmedo. Caracterizado por una temperatura media anual de 8° C y una pluviosidad inferior a 2000 mm; según la clasificación de Holdridge corresponde a las zonas de vida de bosque muy húmedo montano (bmh-M) y bosque húmedo Montano (bh-M).

Ocupa tipos de relieve de Crestas Ramificada, de topografía fuertemente empinada, con pendientes superiores al 50%. La litología es variada, donde dominan las rocas de arenisca, lutita, caliza y arenisca de grano fino. Hay procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos y desprendimiento de roca. En la actualidad los suelos se encuentran cubiertos con vegetación arbórea y arbustiva.



**Foto.** Perfil de suelo Lithic Troorthents, con horizonte A descansando directamente sobre roca fragmentada.

La unidad cartográfica está integrada en un 50% por suelos Typic Dystropepts, en un 30% suelos Lithic Troorthents y en un 20% Afloramientos Rocosos. Los suelos Typic Dystropepts han evolucionado de rocas de arenisca y lutitas; se distribuyen en los sectores medios de las laderas y se caracterizan por presentar un perfil de nomenclatura A - B - C. El horizonte A es de color negro y de textura franca; el B es de color amarillo pardusco de textura franco arcillosa y el horizonte C es de color oliva mezclado con pardo amarillento, su textura es franco arcillo arenosa. Son suelos profundos, bien drenados. La reacción extremadamente ácida ( $\text{pH} < 4.5$ ); y tienen niveles bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; saturación de aluminio mayor del 60%. La fertilidad natural es muy baja.

Los suelos Lithic Troorthents presentan un perfil con nomenclatura A-R, son muy superficiales, limitados por rocas; de colores pardo a pardo oscuro; sus texturas son franca. Químicamente tienen reacción moderadamente ( $\text{pH} 5.5$  a  $6.0$ ), bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio, fósforo; saturación de aluminio mayor del 60%. La fertilidad natural es baja. Las fuertes pendientes y la incidencia de heladas permiten clasificar estas tierras en la clase VIII por su capacidad de uso. La vegetación natural actual se debe preservar para proteger las numerosas corrientes de agua existentes.

#### **2.2.7.1.6 Asociación: *Andic Humitropepts y Typic Melanudands. Símbolo PRBf***

La consociación se ubica en altitud de 3000 a 3600 metros, dentro de un clima muy frío (páramo bajo), húmedo y muy húmedo. Caracterizado este clima por una temperatura media anual de 10°C y una precipitación de lluvias mayor de 500m.m; el cual según Holdridge corresponde a las zonas de vida ecológica de bosque húmedo Montano (bh-M) y bosque muy húmedo Montano (bmhM).

Estos suelos se han originado principalmente de ceniza volcánica que descansa sobre rocas metamórficas (gneis de Bucaramanga) y se localizan en tipos de relieve de Crestas Ramificadas; de topografía fuertemente empinada; con pendientes 50 a 75%. Están afectados por procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos, los cuales, son evidentes en las zonas libres de vegetación arbórea. El bosque primario, se conserva en algunos sectores entallados y, en su mayoría, ha sido reemplazada por pastos.

La unidad ésta integrada por suelos Andic Humitropepts en un 70% y suelos Typic Melanudands en un 30%.

Los suelos Andic Humitropepts presentan un perfil típico de nomenclatura A - B - C. El horizonte A es grueso, tiene color pardo y pardo grisáceo muy oscuro, con textura franca arenosa y arenosa franca; el horizonte B es pardo amarillento oscuro y la textura es franco arenosa; el horizonte C es amarillo pardusco y la textura es franco arcillosa. Son profundos, bien drenados. La reacción es extremada (pH < 4.5) a fuertemente ácida (pH 5.0 a 5.5); la capacidad de intercambio catiónico es alta y los contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforos son bajos; la saturación de aluminio de cambio es mayor del 70%. La fertilidad natural es baja.

Los suelos Typic Melanudands se distribuyen en las cimas de los relieves de Cresta ramificada, su perfil representativo es de nomenclatura A - B - C. El horizonte A alcanza un espesor hasta de 50 cm, es de color pardo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro y la textura es franco arenosa; el horizonte B de color pardo a pardo oscuro y textura franca; el horizonte C es amarillo y la textura es arcillosa y franco arcillosa. Son muy profundos, bien drenados. La reacción es muy fuertemente ácida pH 4.5 a 5.0) con un complejo de cambio bajo en calcio, magnesio, potasio; bajos contenidos en fósforo y niveles de aluminio altos. La fertilidad natural es baja.

Las frecuentes heladas y la baja fertilidad, permiten clasificar estos suelos por su capacidad de uso en la clase VIII. Se deben reforestar las áreas de mayor pendiente y las de menor pendiente se pueden dedicar a cultivos de subsistencia.

#### ***2.2.7.1.7 Consociación Lithic Humitropepts. Símbolo PRIf1***

Esta unidad se localiza en alturas que oscilan entre los 3000 y 3600 msnm, correspondiente a un clima muy frío, húmedo y muy húmedo, el cual, se caracteriza por una temperatura media de 10°C y una precipitación de lluvias de 500 a 2000 mm de promedio anual. Según Holdridge corresponde a las zonas de vida ecológicas, denominadas, bosque húmedo Montano (bh-M) y bosque muy húmedo (bmh-M).

Los suelos se localizan preferentemente en relieves de Crestas Ramificadas, todos ellos conformados por rocas ígneas (Cuarzomonzonitas, Granodioritas y Tonalitas) de naturaleza félsica. La topografía es fuertemente empinada con pendientes mayores del 50%. Se encuentran afectados por procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos y escurrimiento difuso en grado ligero. La vegetación natural es, principalmente, arbustiva y herbácea.

La consociación está integrada en un 80% por suelos Lithic Humitropepts e inclusiones en 20% de suelos Typic Dystropepts.



Los suelos Lithic Humitropepts se caracterizan por encontrarse en las áreas de mayor pendiente y donde es común encontrar en superficie capas delgadas de residuos orgánicos en proceso de mineralización, sepultando material mineral de textura franco arenosa. El perfil del suelo es de nomenclatura A-R, en donde el horizonte superficial es grueso y de color negro; son suelos bien drenados; superficiales, limitados por roca gravillosa. Tienen reacción extremadamente ácida ( $\text{pH} < 4.5$ ), con niveles críticos de calcio, magnesio y potasio; medianos a altos contenidos de fósforo y saturación de aluminio mayor del 60%. Fertilidad natural baja.

Los suelos Typic Dystropepts (perfil PB-503) se caracterizan por la alta acumulación de hojarasca y residuos orgánicos depositados sobre roca coherente fragmentada y, además, presentan un perfil típico de nomenclatura A - B - C. El horizonte A tiene color pardo oscuro y textura franco arcillo arenosa; el B es de color pardo amarillo pardusco, de textura franco arcillosa; y el horizonte C es pardo rojizo con abundantes manchas y su textura es franco arcillosa. Químicamente tienen reacción muy fuertemente ácida, con muy bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; también la saturación de bases es baja al igual que la fertilidad natural.

Las fuertes pendientes, la presencia de heladas y la baja fertilidad ubican a estos suelos en la clase agrológica VIII por su capacidad de uso. Se deben mantener con vegetación de bosque. Se pueden desarrollar programas forestales donde ha sido talada la vegetación, utilizando variedades nativas y foráneas.

#### **2.2.7.1.8 Asociación: *Typic Humitropepts, Typic Dystropepts y Lithi Dystropepts. Símbolo PLSDp***

La asociación se ubica en altitudes de 3000 a 3600 metros, dentro de un clima muy frío (páramo bajo), húmedo y muy húmedo. Caracterizado, este clima, por una temperatura media anual de  $10^{\circ}\text{C}$  y una precipitación de lluvias mayor de 500 mm; el cual según Holdridge corresponde a las zonas de vida ecológicas de bosque húmedo Montano (bh-M) y bosque muy húmedo (bmh- M).

Estos suelos se han originado principalmente de rocas sedimentarias (arenisca, lutitas y calizas) y se localizan en tipos de relieve de lomas; de topografía ondulada; con pendientes 12 -25%. Están afectados por acumulación de piedra en superficie y por procesos de remoción en masa, especialmente, de solifluxión, los cuales son evidentes en las zonas libres de vegetación arbórea. La vegetación de páramo ha sido reemplazada por cultivos de papa, cebolla y hortalizas.

La unidad ésta integrada por suelos Typic Humitropepts en un 50%, suelos Typic Dystropepts en un 30% y suelos Lithic Dystropepts en un 20%.

Los suelos Typic Humitropepts presentan un perfil típico de nomenclatura A - B - C. El horizonte A tiene color pardo muy oscuro y textura franco arenosa; el horizonte B es pardo grisáceo oscuro y la textura es franca y arcillosa con buen desarrollo de estructural; el horizonte C es pardo amarillento y la textura es franco arcillosa. Son suelos bien drenados, profundos, bien drenados. La reacción es extremadamente ácida ( $\text{pH} < 4,5$ ) con variables contenidos de calcio, magnesio, y potasio; bajos en fósforo y altos contenidos en aluminio de cambio muy fuertemente ácida. La fertilidad natural es moderada.

Los suelos Typic Dystropepts se distribuyen en las laderas de las lomas y corresponden a perfiles de suelos de nomenclatura A - C.

El horizonte A alcanza un espesor hasta de 50 cm, es de color pardo oscuro y la textura es franco arenosa y presencia de fragmentos de roca que aumentan con la profundidad. Son suelos superficiales, bien drenados.

La reacción es extremada ( $\text{pH} < 4.5$ ) a muy fuertemente ácida (4.5 a 5.0); la capacidad de intercambio catiónico es baja y los contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforos son muy bajos; la saturación de aluminio de cambio es mayor del 60%. La fertilidad natural es muy baja.

Los suelos Lithic Dystrypepts se localizan en los sectores medios de las lomas y presentan un perfil de suelo de nomenclatura A - R; siendo el horizonte A pardo grisáceo muy oscuro, franco arenoso, el cual, descansa sobre roca. Son bien drenados, muy superficiales. La reacción es extremadamente ácida ( $\text{pH} < 4.5$ ); niveles muy bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; la saturación de aluminio de cambio es mayor del 60%. La fertilidad natural es baja.

Las frecuentes heladas, la poca profundidad efectiva y la baja fertilidad, permiten clasificar estos suelos por su capacidad de uso en la clase IV. Se pueden dedicar a cultivos de papa, cebolla y hortalizas en épocas sin incidencia de heladas y de fuertes vientos.

#### **2.2.7.1.9 Asociación: Lithic Hapludolls y Entic Hapludolls. Símbolos PLZep, PLZd, PLZc**

Se ubica sobre los 3000 a 3600 metros de altitud, dentro de un clima muy frío (páramo bajo), húmedo y muy húmedo. Caracterizado este clima por una temperatura media anual de  $10^{\circ}\text{C}$  y una precipitación de lluvias menor de 2000 mm; el cual, según Holdridge corresponde a las zonas de vida ecológicas de bosque húmedo Montano (bh-M) y bosque muy húmedo (bmh-M).

Estos suelos se han originado principalmente de rocas sedimentarias (caliza) y se localizan en tipos de relieve de lomas; de topografía fuertemente ondulada a ondulada, con pendientes 25 a 50%, 12 -25% y 7 -12%. La vegetación de bosque ha sido reemplazada por cultivos de papa, cebolla, hortalizas y pastos.

La unidad ésta integrada por suelos Lithic Hapludolls en un 60% y suelos Entic Hapludolls en un 40%.

Los suelos Lithic Hapludolls presentan en superficie alta concentración de piedra en superficie y su perfil típico es de nomenclatura A - R. El horizonte A es grueso, tiene color negro, con textura franco arcillosa con abundante fragmento de roca. Son suelos superficiales, limitados por roca; bien drenados. La reacción es neutra ( $\text{pH} 6.6$  a 7.2) a ligeramente alcalina ( $\text{pH} 7.2$  a 7.6); la capacidad de intercambio catiónico es alta y los contenidos de calcio son muy altos, los de magnesio, son altos y los de potasio y fósforo son bajos. La fertilidad natural es alta.

Los suelos Entic Hapludolls se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - C. El horizonte A alcanza un espesor hasta de 50 cm, es de color pardo grisáceo muy oscuro y la textura es franco arcillosa y franco arcillo arenosa; el horizonte es de color pardo oscuro a pardo amarillento oscuro. Son suelos profundos, bien drenados. La reacción es ligeramente alcalina ( $\text{pH} 7.2$  a 7.6); la capacidad de intercambio catiónico es alta y los contenidos de calcio son muy altos, los de magnesio son altos y los de potasio y fósforos son muy bajos. La fertilidad natural es alta.

Las frecuentes heladas y la baja fertilidad, permiten clasificar estos suelos por su capacidad de uso en: clase VI las tierras de la unidad PLZep de pendiente 25 - 50%; en la clase IV las tierras de las unidades PLZd y PLZc de pendientes 12 -25% y 7-12%, respectivamente. El uso es de agricultura (papa, cebolla y



hortalizas) en épocas sin incidencia de heladas y de fuertes vientos. Se deben reforestar con especies nativas y foráneas las áreas de mayor pendiente.

#### **2.2.7.1.10 Asociación: *Lithic Troporhents* y *Typic Humitropepts*. Símbolos *PLIe2*, *PLId1***

Se ubica sobre los 3000 a 3600 metros de altura, dentro de un clima muy frío (páramo bajo), húmedo y muy húmedo. Caracterizado este clima por una temperatura media anual de 10°C y una precipitación de lluvias mayor de 500 mm; el cual según Holdridge corresponde a las zonas de vida ecológicas de bosque húmedo Montano (bh-M) y bosque muy húmedo Montano (bmh-M).

Estos suelos se han originado principalmente de rocas ígneas (cuarzomonzonitas, Granodioritas y Tonalitas) y se localizan en tipos de relieve de lomas; de topografía fuertemente ondulada y onduladas, con pendientes 25 a 50% y 12 -25%. Están afectados por procesos de escurrimiento difuso en grado moderado y ligero. La vegetación de páramo en su mayoría ha sido reemplazada por cultivos de papa, cebolla, hortalizas y pastos.

La unidad ésta integrada por suelos *Lithic Troporhents* en un 50% y suelos *Typic Humitropepts* en un 50%.

Los suelos *Lithic Troporhents* presentan un perfil típico de nomenclatura A - C. El horizonte A tiene color pardo oscuro, con textura franco arenosa; el horizonte C es amarillo parduzco y la textura es franco arcillo arenosa. Son suelos superficiales, limitados por roca; bien drenados. La reacción es fuertemente ácida (pH 5.0 a 5.5); bajos contenidos de calcio, magnesio y potasio; regular contenido de fósforo; muy baja saturación de bases. La fertilidad natural es baja.

Los suelos *Typic Humitropepts* se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - B - C. El horizonte A alcanza un espesor hasta de 50 cm, es de color pardo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro y la textura es franco arcillo limosa; el horizonte B de color pardo amarillento oscuro y textura franco arenosa; el horizonte C es pardo amarillento claro y la textura es franco arenosa. Son suelos moderadamente profundos, bien drenados. La reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5 a 5.0); los contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforos son muy bajos, al igual, que la saturación de bases; el aluminio activo es muy alto. La fertilidad natural es baja.

Las frecuentes heladas y la baja fertilidad, permiten clasificar estos suelos por su capacidad de uso en: clase VIII, las tierras de la unidad *PLId2* con pendientes 25 a 50% y erosión moderada; en la clase IV las tierras de la unidad *PLId1* con pendientes 12 a 25%. Se deben reforestar las áreas de mayor pendiente y las de menor pendiente se pueden dedicar a cultivos de papa, cebolla, hortalizas y pastos.

#### **2.2.7.1.11 Consociación: *Fluventic Dystropepts*. Símbolo *PGDc***

La consociación se ubica en altitudes entre 3000 a 3600 metros, dentro de un clima muy frío (páramo bajo), húmedo y muy húmedo. Caracterizado este clima por una temperatura media anual de 10°C y una precipitación de lluvias menores de 2000 mm; el cual según Holdridge corresponde a las zonas de vida ecológica de bosque húmedo Montano (bh-M) y bosque muy húmedo Montano (bmh-M).

Estos suelos se han originado principalmente de depósitos superficiales Coluvio-aluviales y se localizan en tipos de relieve de glacis; de topografía inclinada, con pendientes 7- 12%. La vegetación de páramo en su mayoría ha sido reemplazada por cultivos de papa, cebolla, hortalizas y pastos.

La unidad ésta integrada por suelos Fluventic Dystropepts en un 100%.

Los suelos Fluventic Dystropepts presentan un perfil típico de nomenclatura A - B - C. El horizonte A tiene color pardo oscuro, con textura franco arcillo arenosa; el horizonte B es pardo amarillento claro y la textura es arcillosa; el horizonte C es amarillo pardusco y la textura franco arenosa gravillosa cascajosa. Son suelos profundos, bien drenados. La reacción es muy fuerte (pH 4.5 a 5.0) a moderadamente ácida (pH 5.5 a 6.0); la capacidad de intercambio catiónico es alta y los contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforos son bajos; la saturación de aluminio de cambio es mayor del 60%. La fertilidad natural es baja.

Las frecuentes heladas y la baja fertilidad, permiten clasificar estos suelos por su capacidad de uso en: clase IV. Se pueden dedicar a cultivos comerciales (papa, cebolla y hortalizas) con prácticas culturales, tales como, enclamiento y fertilización

#### ***2.2.7.1.12 Grupo Indiferenciado; Typic Troprothents, Typic Humitropepts y Afloramientos Rocosos. Símbolo FKAfr***

Los suelos que ocurren en esta unidad se encuentran en el municipio de Cáchira, a una altitud de 2.800 a 3.000 metros, dentro de un clima frío, muy húmedo. Caracterizado por una temperatura media anual de 16oC y una precipitación de lluvias de 2.000 a 4.000 mm; el cual según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB).

Los suelos se presentan en las diferentes formas de terreno de los relieves de Crestones Homoclinales y se han originado a partir de rocas sedimentarias (arenisca); la topografía es fuertemente empinada, con pendientes mayores del 50%. Es frecuente en estos terrenos la tala indiscriminada de la vegetación arbórea y las quemas, con la finalidad de establecer pastos. La unidad está integrada por Typic Troprothents en un 40%, typic Humitropepts en un 40% y Afloramientos Rocosos en un 20%.

Los suelos Typic Troprothents se ubican en las áreas de mayor pendiente. El perfil es de nomenclatura: A - C - R. El horizonte A tiene un espesor menor de 15 cm, es de color negro y de textura franco arenosa gravillosa; el horizonte C es pardo grisáceo y gris con manchas pardo fuerte, la textura es franco arenosa gravillosa y franco arcillo arenosa gravillosa; el R corresponde a roca de arenisca. Son suelos superficiales, limitados por roca, moderadamente bien drenados; químicamente tienen reacción moderadamente ácida (pH 5.5 a 6.0); niveles medios de calcio y magnesio, bajos los de potasio y fósforo. La fertilidad natural es moderada.

Los suelos Typic Humitropepts se localizan preferentemente en las laderas de menor pendiente. El perfil típico es de nomenclatura O - A - B - Cr. El horizonte O corresponde a una capa de residuos orgánicos; el A es de color gris muy oscuro y de textura franca; el horizonte B es de color pardo amarillento y de textura franco arenosa; el horizonte Cr corresponde a material saprolítico de arenisca. Son suelos profundos, bien drenados. Químicamente tienen reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5 a 5.0); contenidos bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; saturación de aluminio mayor del 60%. La fertilidad natural es baja.

La alta susceptibilidad a la erosión y las fuertes pendientes, permiten clasificar estos suelos en la clase VII por su capacidad de uso. El manejo irracional de los suelos en cuanto a talas y quemas está acelerando su total destrucción. Es imperioso mantenerlos permanentemente con cobertura vegetal arbórea.

#### **2.2.7.1.13 Grupo Indiferenciado: *Typic Troprothents, Vertic Humitropepts, Afloramientos Rocosos*. Símbolo FKZfr**

La unidad cartográfica se manifiesta en un clima ambiental frío, muy húmedo; en altitudes de 2.800 a 3.000 metros. Las temperaturas oscilan de 12 a 18°C y las lluvias anuales superan los 2.000 mm; características propias de la zona de vida ecológica de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB).

Los suelos se localizan en tipos de relieve de Crestones Homoclinales, de topografía fuertemente empinados, con pendientes 50 -75%; constituidos por rocas sedimentarias (caliza). En amplias áreas se localiza acumulación de fragmentos de roca en superficie y afloramientos rocosos, al igual que procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos, derrumbes, solifluxión, reptación. Actualmente grandes extensiones de éstos relieves se encuentran deforestados y se han establecido pastos y cultivos de subsistencia, especialmente, maíz. El Grupo Indiferenciado lo conforman los suelos *Typic Troprothents* en un 50%, *Vertic Humitropepts* en un 30%, *Afloramientos Rocosos* en un 20%.

Los suelos *Typic Troprothents* se localizan preferentemente en las laderas de los relieves de crestones. Se caracterizan por un perfil de nomenclatura A -C. El horizonte A es de color pardo grisáceo muy oscuro y la textura es franco arcillo arenosa; el horizonte C es de color pardo amarillento oscuro y pardo grisáceo oscuro, la textura es franco arcillosa. Son suelos superficiales, bien drenados. Químicamente tienen reacción moderadamente ácida (pH 5.5 a 6.0), regular contenido de calcio y magnesio, bajo contenido de potasio y fósforo. Fertilidad natural moderada.

Los suelos *Vertic Humitropepts* han evolucionado de rocas calcáreas, con gran aporte de arcilla montmorillonita en los resaltos de las laderas; presentan un perfil de nomenclatura A- B - C. El horizonte A tiene un espesor de 30 cm, es de color gris muy oscuro y la textura franco arcillosa; el B es pardo grisáceo y la textura es arcillosa; el horizonte C es pardo amarillento, pardo fuerte y pardo pálido, con textura arcillosa. Son suelos profundos y bien drenados. Químicamente la reacción es neutra (pH 6.6 a 7.2); tienen altos contenidos de calcio, magnesio, y bajos contenidos de potasio y fósforo. La fertilidad natural es alta.

Las fuertes pendientes y la presencia de fragmentos de roca en la mayoría de los suelos, permiten clasificarlos por su capacidad de uso en la clase VII. Se deben reforestar las áreas de mayor pendiente y en los resaltos de las laderas se pueden establecer cultivos de maíz y pastos.

#### **2.2.7.1.14 Grupo Indiferenciado: *Typic Humitropepts, Typic Dystropepts, Typic Troprothents*. Símbolo FRYf**

La unidad cartográfica se manifiesta en un clima ambiental frío, muy húmedo; en altitudes de 2.800 a 3.000 metros. Las temperaturas oscilan de 12 a 18°C y el promedio de las lluvias anuales superan los 2.000 mm; características propias de la zona de vida ecológica de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB).

Los suelos se localizan en tipos de relieve Crestas Ramificadas, de topografía fuertemente quebrada, con pendientes 50 -75%; constituidos por rocas de arcillolitas, lutitas, lodolitas y arenisca de grano fino. Están afectados por procesos de solifluxión generalizada, en grado ligero, y deslizamientos localizados. La vegetación arbórea se mantiene en algunos sectores (chite, roble, chilco y chusque) y en otras ha sido reemplazada por pastos y cultivos de subsistencia (maíz).



**Foto.** Perfil de suelo Typic Humitropepts con horizonte A de color pardo muy oscuro y de espesor mayor de 30 cm.

La unidad cartográfica está constituida en un 50% por suelos Typic Humitropepts, en un 30% por suelos Typic Dystropepts y en un 20% por suelos Typic Troprothents.

Los suelos Typic Humitropepts se localizan en las cimas y laderas superiores de los relieves de Crestas Ramificadas y se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - B - C. El horizonte A es pardo grisáceo oscuro y textura franco limosa; el horizonte B es de color pardo amarillento con manchas pardo grisáceo oscuro, y textura franco arcillo limosa; el C es pardo amarillento claro y textura franco arcillo arenosa. Son suelos profundos, limitados por lutitas, bien

drenados. Tienen reacción fuertemente ácida (pH 5.0 a 5.5); niveles bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo. La fertilidad natural es baja.

Los suelos Typic Dystropepts presentan un perfil con nomenclatura A - B - C. El Horizonte A tiene un espesor de 20 cm, es de color pardo oscuro y la textura es franco arcillosa; el horizonte B es de color pardo amarillento y textura franco arcillo limosa; el horizonte C es de color pardo fuerte con manchas oliváceas, y tienen textura franco arcillo arenosa. Son suelos profundos, bien drenados. Químicamente la reacción es extremadamente ácida (pH < 4.5); muy bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; la saturación de aluminio de cambio es mayor del 60%; la fertilidad natural es baja.



**Foto.** Perfil de suelo Typic Dystropepts con horizonte A descansando sobre el horizonte B de buen espesor.

Los suelos Typic Troprothents se presentan dominantes en las áreas de mayor pendiente y se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - C. El horizonte A es pardo grisáceo oscuro y textura franca; el horizonte C es de color pardo amarillento claro con manchas pardo grisáceo oscuro, y textura arenosa franca.

Son moderadamente profundos y superficiales, limitados por arenisca, bien drenados. Tienen reacción moderadamente ácida (pH 5.5 a 6.0); contenidos medios de calcio, magnesio, potasio y fósforo. La fertilidad natural es moderada.

La baja fertilidad en la mayoría de los suelos y las fuertes pendientes, permiten clasificar los suelos por su capacidad de uso en la clase VII. Se deben desarrollar programas forestales de protección y producción.

#### **2.2.7.1.15 Asociación Typic Dystropepts, Andic Humitropepts. Símbolo FRBf**

Los suelos se encuentran en un clima ambiental frío, muy húmedo; en altitudes de 2.800 a 3.000 metros, donde la temperatura media anual es de 14°C y las lluvias anuales son mayores de 2.000 mm. Corresponde a la zona de vida ecológica de Holdridge de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB).

Geomorfológicamente los suelos se sitúan en las diferentes formas de terreno de los relieves de Crestas Ramificadas y se han originado a partir de rocas metamórficas (gneis de Bucaramanga) y de ceniza volcánica que las recubren en amplios sectores; la topografía es fuertemente quebrada, con pendientes mayores del 50%. Es frecuente en estos terrenos la tala indiscriminada de la vegetación arbórea y las quemadas, para establecer pastos y cultivos de maíz.

La Asociación está integrada en un 50% por suelos Typic Dystropepts y en un 50% por suelos Andic Humitropepts.

Los suelos Typic Dystropepts se caracterizan por presentar un perfil con nomenclatura A - B. El horizonte A es de 30 cm de espesor, tiene color pardo oscuro y textura franca arenosa con gravilla; al que subyace horizontes B de color pardo amarillento con textura franco-arcilloarenosa.

Son suelos profundos, bien drenados. Químicamente tienen reacción moderadamente ácida (pH 5.5 a 6.0), de mediana a baja capacidad de intercambio catiónico; niveles bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo. Fertilidad natural baja.

Los suelos Andic Humitropepts se presentan en las cimas y se caracterizan por un perfil de nomenclatura A- B - C; en donde el horizonte A es de color pardo grisáceo muy oscuro y textura franco arcillo arenosa; el horizonte B es de color pardo amarillento y textura arcillo arenosa; el C es de color amarillo rojizo y textura arcillo arenosa: Son muy profundos y bien drenados. Reacción muy fuertemente ácidos (pH 4.5 a 5.0), alta capacidad de intercambio catiónico; muy bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; alta saturación de aluminio de cambio: La fertilidad natural es baja.

Las fuertes pendientes y la baja fertilidad de los suelos son limitantes severos para su uso agropecuario intensivo y, por tanto, su clasificación agrológica es la Clase VII. Su uso es agropastoril con cultivos de maíz y de subsistencia, y la siembra de pasto kikuyo con una buena rotación de potreros.

#### **2.2.7.1.16 Consociación: Typic Humitropepts. Símbolo FRIf1**

La unidad cartográfica se manifiesta en un clima ambiental frío, muy húmedo; en altitudes de 2.800 a 3.000 metros. Las temperaturas oscilan de 12 a 18°C y las lluvias anuales superan los 2.000 mm; características propias de la zona de vida ecológica de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB).

Los suelos se localizan en tipos de relieve de Crestas Ramificadas, de topografía fuertemente quebrada, con pendientes 50 -75%; constituidos por rocas ígneas (cuarzomonzonitas, granodioritas y tonalitas). En amplias áreas se presentan procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos, derrumbes, solifluxión, reptación, escurrimiento difuso en grado ligero. Actualmente grandes extensiones de estos relieves se encuentran desprovistos de vegetación arbórea, quedando los suelos expuestos a una degradación intensa, por acción de las lluvias.

La consociación la conforman los suelos Typic Humitropepts en un 100%.

Los suelos Typic Humitropepts se localizan preferentemente en las cimas y laderas superiores de los relieves de Crestas ramificadas; su perfil representativo tiene nomenclatura A - B - C. El horizonte A tiene un espesor de 20 cm, es de color pardo grisáceo muy oscuro y la textura es franco arcillo arenosa; el horizonte B es de color pardo amarillento oscuro, la textura es franco arcillo arenosa; El C es de color pardo amarillento claro con manchas pardo fuerte y la textura es franco arcillo arenosa.

Son suelos superficiales y moderadamente profundos, bien drenados. Químicamente tienen reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5 a 5.0); tienen bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; altos contenidos de materia orgánica; saturación de aluminio de cambio mayor del 60%. La fertilidad natural es baja.

Las fuertes pendientes, la susceptibilidad a la erosión y la baja fertilidad, permiten clasificar los suelos por su capacidad de uso en la clase VII. Se deben reforestar todas las áreas desprovistas de vegetación arbórea.

#### **2.2.7.1.17 Asociación: *Lithic Humitropepts, Typic Troorthents. Símbolo FRMf***

La unidad cartográfica se manifiesta en un clima ambiental frío, muy húmedo; en altitudes de 2.800 a 3.000 metros. Las temperaturas oscilan de 12 a 18°C y las lluvias anuales oscilan de 2.000 a 4000 mm; características propias de la zona de vida ecológica de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB).

Los suelos se localizan en tipos de relieve de Crestas Ramificadas, de topografía fuertemente quebrada, con pendientes 50 -75%; constituidos por rocas metamórficas (filitas, esquistos, cuarcita). En amplias áreas hay procesos de remoción en masa, especialmente, deslizamientos y desprendimientos de roca

Su uso actual es de ganadería extensiva con pastos naturales; también hay cultivos de maíz y de subsistencia.

La asociación la conforma los suelos Lithic Humitropepts en un 50% y suelos Typic Troorthents en un 50%.

Los suelos Lithic Humitropepts se localizan preferentemente en las cimas y laderas de los relieves de Crestas Ramificadas. Se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - R; el horizonte A tiene un espesor de 40 cm, es de color negro y pardo grisáceo muy oscuro y la textura es franca; que descansa directamente sobre la roca. Son suelos superficiales, bien drenados. Químicamente tienen reacción extremadamente ácida (pH < 4.5); con niveles muy bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; saturación de aluminio mayor del 60%. Fertilidad natural baja.

Los suelos Typic Troorthents presentan un perfil de nomenclatura A - C; el horizonte A tiene un espesor inferior a 20 cm, es de color gris muy oscuro y la textura franco arcillo gravilosa; el C es pardo amarillento, pardo fuerte y pardo pálido, con textura franco arcillo gravilosa. Son suelos superficiales y bien drenados. Químicamente tienen reacción muy fuertemente ácida (pH 4.4 a 5.0); con niveles bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; saturación de aluminio de cambio mayor del 60%. La fertilidad natural es baja.

Las fuertes pendientes y la baja fertilidad en la mayoría de los suelos, permiten clasificarlos por su capacidad de uso en la clase VII. Su uso es silvopastoril. Se deben emplear especies nativas en la reforestación y pasto kikuyo en la explotación de la ganadería extensiva.

#### **2.2.7.1.18 Grupo Indiferenciado: *Lithic Troorthents, Typic Dystropepts, Afloramientos Rocosos. Símbolos HCAgr, HKAfr***

El grupo Indiferenciado se ubica en alturas que oscilan entre los 2.800 y 3000 msnm. El clima ambiental dominante es el frío, húmedo, definido por una temperatura media de 16°C y una precipitación que va de 1.000 a 2.000 mm; lo cual según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica denominada bosque húmedo montano bajo (bh-MB).



Los suelos se ubican en relieves de Crestas Homoclinales abruptas y Crestones Homoclinales, conformados por arenisca e intercalaciones de calizas y lutitas y en pequeños sectores hay presencia de ceniza volcánica. La topografía es muy fuerte a fuertemente empinada, con pendientes mayores del 50%. Se manifiestan movimientos en masa, deslizamientos, desprendimientos de roca. Estos suelos se encuentran en su mayoría en pastos, rastrojo y cultivos de subsistencia.

La unidad está constituida en un 40% por Lithic Tropepts, en un 40% por suelos Typic Dystrypepts y en un 20% por Afloramientos Rocosos.

Los suelos Lithic Tropepts se ubican en las zonas más empinadas y se caracterizan por presentar un perfil de nomenclatura A - C - R. El horizonte A tiene un espesor 10 cm, es de color gris muy oscuro y pardo y la textura es franco arenosa; el horizonte C corresponde a material de arenisca en alto grado de intemperización, de color pardo amarillento claro. Son suelos superficiales a muy superficiales, bien drenados. Químicamente tienen reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5 a 5.0), niveles bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; saturación de aluminio de cambio mayor del 60%. La fertilidad natural es baja.

Los suelos Typic Dystrypepts se localiza en las áreas de resalto de las laderas y se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - B - C; el Horizonte A, alcanza un espesor de 20 cm, tiene color pardo grisáceo muy oscuro y gris muy oscuro, y textura franco arcillosa; el horizonte B es de color pardo amarillento con manchas grises muy oscuras y textura franco arcillo arenosa; el horizonte C es de color pardo amarillento con manchas pardo fuerte y textura franco arenosa. Son suelos profundos y bien drenados. Químicamente tienen reacción extremadamente ácida (< pH 4.5); niveles críticos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; la saturación de aluminio intercambiable es mayor del 60%. La fertilidad natural es muy baja.

La alta susceptibilidad a los movimientos en masa y las fuertes pendientes, permiten clasificar estos suelos en la clase VII por su capacidad de uso. Es imperioso mantener permanentemente la cobertura vegetal que se desarrolla en ellos.

#### **2.2.7.1.19 Grupo Indiferenciado: Typic Tropepts, Vertic Humitropepts, Afloramientos Rocosos. Símbolo HKZfr**

La unidad se localiza entre los 2.800 y 3.000 msnm; dentro de un clima frío, húmedo. Caracterizado por una temperatura media anual de 14°C y una precipitación inferior a los 2.000 mm; el cual según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB).

Estos suelos se han originado principalmente de rocas sedimentarias (calizas) y se localizan en tipos de relieve de Crestones Homoclinales; de topografía fuertemente empinada, con pendientes 50 a 75%. Están afectados por procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos y desprendimiento de roca, los cuales son evidentes en las zonas libres de vegetación arbórea. La vegetación de bosque se conserva en pequeños sectores y en su mayoría ha sido reemplazada por cultivos de maíz, pastos kikuyo y azul orchero.

La unidad está integrada en un 60% por suelos Typic Tropepts, en un 20% suelos Vertic Humitropepts y Afloramientos Rocosos en un 20%.

Los suelos Typic Troprothents se localizan en los relieves de Cresta y Crestones Homoclinales; su perfil se caracteriza por una nomenclatura A - C. El horizonte A es de un espesor de 15 cm, su color es pardo grisáceo muy oscuro y la textura es franco arcillosa; el horizonte C de espesor variable, descansando sobre la roca antes de los 70 cm, es de color pardo fuerte, de textura franco arcillo arenosa. Son suelos moderadamente profundos y bien drenados. La reacción es moderadamente ácida (pH 5.5 a 6.0); contenidos medios de calcio y magnesio, y bajos niveles de potasio y fósforo. La fertilidad natural es moderada.

Los suelos Vertic Humitropepts se localizan en los resaltos de las laderas, presentan un perfil de nomenclatura A - B - C. El horizonte A de un espesor de 40 cm, de color pardo grisáceo muy oscuro y de textura arcillosa; el B es de color pardo oscuro y amarillo claro con manchas pardo muy oscuras, textura arcillosa; El horizonte C es pardo fuerte y textura arcillosa. Son suelos profundos y bien drenados. La reacción es neutra (6.6 a 7.2); la capacidad de intercambio catiónico es muy alta; la saturación de bases es alta. La fertilidad es alta.

Las fuertes pendientes y los altos contenidos de arcilla en la mayoría de los suelos, permiten clasificarlos por su capacidad de uso en la clase VII. Se deben reforestar las áreas de mayor pendiente y las de menor pendiente se pueden dedicar a ganadería extensiva con pasto kikuyo.

#### ***2.2.7.1.20 Grupo Indiferenciado: Typic Dystropepts, Typic Troprothents, Typic Humitropepts. Símbolo HRYf1***

Los suelos que conforman esta unidad cartográfica se encuentran entre los 2.800 y 3.000 msnm; dentro de un clima frío húmedo, el cual, se caracteriza por una temperatura media anual de 16°C y una precipitación de lluvias de 1.000 a 2.000 mm. Según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB).

Estos suelos tuvieron origen principalmente en rocas sedimentarias (arcillolitas, lutitas, calizas, arenisca de grano fino) y se localizan en tipos de relieve de Crestas Ramificadas; de topografía fuertemente quebrada, con pendientes 50 a 75%.

Están afectados por procesos de remoción en masa (deslizamientos y solifluxión) y escurrimiento difuso en grado ligero; la vegetación de bosque ha sido arrasada y reemplazada por pasto kikuyo y cultivos de subsistencia.

La unidad ésta integrada en un 60% por suelos Typic Dystropepts, en un 20% suelos Typic Troprothents y Typic Humitropepts en un 20%.

Los suelos Typic Dystropepts presentan un perfil con nomenclatura A - B - C. El Horizonte A tiene un espesor de 20 cm, es de color pardo oscuro y la textura es franco arcillosa; el horizonte B es de color pardo amarillento y textura franca; el horizonte C es de color pardo fuerte con manchas oliváceas, y tienen textura franco arenosa. Son suelos moderadamente profundos, bien drenados. Químicamente la reacción es extremadamente ácida (pH < 4.5); muy bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; la saturación de aluminio de cambio es mayor del 60%; la fertilidad natural es baja.

Los suelos Typic Troprothents se presentan dominantes en las áreas de mayor pendiente y se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - C. El horizonte A es pardo grisáceo oscuro y textura franca; el horizonte C es de color pardo amarillento claro con manchas pardo grisáceo oscuro, y textura arenosa franca. Son moderadamente profundos y superficiales, limitados por arenisca, bien



drenados. Tienen reacción moderadamente ácida (pH 5.5 a 6.0); contenidos medios de calcio, magnesio, potasio y fósforo. La fertilidad natural es moderada.

Los suelos Typic Humitropepts se localizan en las cimas y laderas superiores de los relieves de Crestas Ramificadas y se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - B - C. El horizonte A es pardo grisáceo muy oscuro y textura franca; el horizonte B es de color pardo amarillento oscuro y textura franco arcillo; el C es pardo amarillento claro y textura franco arcillo arenosa. Son suelos profundos, limitados por lutitas, bien drenados. Tienen reacción fuertemente ácida (pH 5.0 a 5.5); niveles bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo. La fertilidad natural es baja.

La susceptibilidad a la erosión y la baja fertilidad en la mayoría de los suelos, permiten clasificarlos por su capacidad de uso en: clase VII. Se deben reforestar las áreas de mayor pendiente y las de menor pendiente se pueden dedicar a cultivo de maíz, y pastos kikuyo y azul orchoro.

#### ***2.2.7.1.21 Asociación: Typic Dystropepts, Entic Dystropepts. Símbolo HRBf1***

Los suelos que conforman esta unidad cartográfica se encuentran a una altura de 2.800 a 3000 metros; dentro de un clima frío húmedo, el cual, se caracteriza por una temperatura media anual de 16°C y una precipitación de lluvias de 1.000 a 2.000 mm. Según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB).

Estos suelos se han originado principalmente de rocas metamórficas (gneis de Bucaramanga) y se localizan en tipos de relieve de Crestas Ramificadas; de topografía fuertemente quebrada, con pendientes 50 a 75%. Están afectados por procesos de remoción en masa (deslizamientos y solifluxión) y escurrimiento difuso en grado ligero. La vegetación de bosque ha sido arrasada y reemplazada por pasto kikuyo y cultivos de subsistencia.

La unidad ésta integrada en un 60% por suelos Typic Dystropepts, en un 40% suelos Entic Dystropepts.

Los suelos Typic Dystropepts presentan un perfil con nomenclatura A - B - C; el Horizonte A, es de color pardo oscuro y la textura es franco arcillosa; el horizonte B, es de color pardo amarillento y textura franca; el horizonte C es de color pardo amarillento claro con manchas oliváceas, y tienen textura franco arcillo arenosa. Son suelos profundos, bien drenados. Químicamente la reacción es muy fuertemente ácida (pH 4.5 - 5.0); muy bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; la saturación de aluminio de cambio es mayor del 60%; la fertilidad natural es baja.

Los suelos Entic Dystropepts se presentan dominantes en las áreas de mayor pendiente y se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - C. El horizonte A es pardo grisáceo oscuro y textura franca; el horizonte C es de color pardo amarillento claro con manchas pardo grisáceo oscuro, y textura franco arcillo arenosa. Son moderadamente profundos y bien drenados. Tienen reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5 a 5.0); contenidos bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo. La fertilidad natural es baja.

La susceptibilidad a la erosión y la baja fertilidad de los suelos, permiten clasificarlos por su capacidad de uso en la clase VII. Se deben reforestar las áreas de mayor pendiente y las de menor pendiente se pueden dedicar a cultivos de maíz y pastos kikuyo, azul orchoro.

#### **2.2.7.1.22 Asociación: *Lithic Dystropepts, Typic Troorthents*. Símbolo HRIf2**

Los suelos que conforman esta unidad cartográfica se encuentran a una altitud de 2.800 a 3.000 metros; dentro de un clima frío húmedo, el cual, se caracteriza por una temperatura media anual de 16°C y una precipitación de lluvias de 1.000 a 2.000 mm. Según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB). Estos suelos se han originado principalmente de rocas ígneas (cuarzomonzonita, granodioritas, tonalitas) y se localizan en tipos de relieve de Crestas Ramificadas; de topografía fuertemente quebrada, con pendientes 50 a 75%. Están afectados por procesos de remoción en masa (deslizamientos y desprendimiento de roca) y escurrimiento difuso en grado moderado. La vegetación de bosque ha sido arrasada y reemplazada por pasto kikuyo y cultivos de subsistencia.

La unidad ésta integrada en un 70% por suelos Lithic Dystropepts, en un 30% suelos Typic Troorthents. Los suelos Lithic Dystropepts presentan un perfil con nomenclatura A - B - C. El Horizonte A tiene un espesor de 10 cm, es de color pardo oscuro y la textura es franco arcillo gravilosa; el horizonte B es de color pardo amarillento y textura franco arcillo gravilosa; el horizonte C es de color pardo fuerte con manchas rojizas, y tienen textura franco arcillo arenosa gravilosa. Son suelos superficiales y bien drenados. Químicamente la reacción es muy fuertemente ácida (pH 4.5 a 5.0); muy bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; la saturación de aluminio de cambio es mayor del 60%; la fertilidad natural es baja.

Los suelos Typic Troorthents se presentan dominantes en las áreas de mayor pendiente y se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - C. El horizonte A es pardo grisáceo oscuro y textura franca; el horizonte C es de color pardo amarillento claro con manchas pardo grisáceo oscuro, y textura arenosa franca. Son profundos, limitados por arenisca, bien drenados. Tienen reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5 a 5.0); contenidos bajos de calcio, magnesio, potasio y fósforo. La fertilidad natural es baja.

La susceptibilidad a la erosión y la baja fertilidad de los suelos, permiten clasificarlos por su capacidad de uso en la clase VII. Se deben reforestar con especies nativas y foráneas.

#### **2.2.7.1.23 Asociación: *Typic Troorthents, Lithic Dystropepts*. Símbolo HRMf1**

Los suelos que conforman esta unidad cartográfica se encuentran a una altitud de 2.800 y 3000



metros; dentro de un clima frío húmedo, el cual, se caracteriza por una temperatura media anual de 16°C y una precipitación de lluvias de 1.000 a 2.000 mm. Según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB).

**Foto.** Relieve de glacis de topografía inclinada, afectada por movimientos en masa.

Estos suelos se han originado principalmente de rocas metamórficas (filitas, esquistos, cuarcitas) y se

localizan en tipos de relieve de Crestas Ramificadas; de topografía fuertemente quebrada, con pendientes 50 a 75%.

Están afectados por procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos y desprendimiento de roca. La vegetación de bosque ha sido arrasada y reemplazada por pasto kikuyo y cultivos de subsistencia.

La unidad ésta integrada en un 60% por suelos Typic Troorthents y Lithic Dystropepts en un 40%.

Los suelos Typic Troorthents se presentan dominantes en las áreas de mayor pendiente y se caracterizan por un perfil de nomenclatura A - C. El horizonte A es pardo grisáceo oscuro y textura franca; el horizonte C es de color pardo amarillento claro con manchas pardo grisáceo oscuro, y textura franco arcillo arenosa. Son moderadamente profundos y bien drenados. Tienen reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5 a 5.0); contenidos medios de calcio, magnesio, potasio y fósforo. La fertilidad natural es baja.

Los suelos Lithic Dystropepts presentan un perfil con nomenclatura A - R, el Horizonte A, tiene un espesor de 30 cm, es de color pardo oscuro y la textura es franco arcillo arenosa, y descansa directamente sobre la roca. Son suelos superficiales y bien drenados. Químicamente la reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5 a 5.0); muy bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo; la saturación de aluminio de cambio es mayor del 60%: la fertilidad natural es baja.

La susceptibilidad a la erosión y la baja fertilidad permiten clasificarlos por su capacidad de uso en la clase VII. Se deben reforestar las áreas de mayor pendiente y las de menor pendiente se pueden dedicar a explotación de ganadería extensiva con pasto kikuyo y una adecuada rotación de potreros.

#### ***2.2.7.1.24 Consociación: Typic Haplustolls. Símbolo XKZf1***

Las áreas de estos suelos se encuentran a una altitud de 2800 a 3000 metros, dentro del clima frío, seco, donde las temperaturas oscilan de 12°C a 18°C y las lluvias anuales son inferiores a 1000mm; lo cual según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

Los tipos de relieve más sobresalientes donde se sitúan los suelos corresponden principalmente a Crestones Homoclinales, de topografía fuertemente empinadas, con pendientes mayores del 50%; constituidos por rocas sedimentarias (calizas). Se presentan deslizamientos, desprendimientos de roca y escurrimiento difuso en grado ligero.; la vegetación natural prospera en los entalles y escalonamientos de las laderas, donde también hay pequeños cultivos de maíz y pastos.

La asociación está compuesta en un 100% por Typic Haplustolls y afloramientos rocosos, de poca extensión.

Los suelos Typic Haplustolls se localizan en relieves de Crestones Homoclinales y presentan un perfil de nomenclatura A - AB - B - C. El horizonte A es de un espesor de 35 cm, su color es pardo grisáceo muy oscuro, y la textura es franco arcillo arenosa; el horizonte AB es gris oscuro con manchas pardo amarillento oscuro, de textura Franco arcillo arenosa; el horizonte B es pardo amarillento y manchas gris oscuras y de textura franco arcillosa; el Horizonte C es de color pardo amarillento, gris y pardo fuerte con manchas amarillo claras, la textura es franco arenosa gravillosa y franco arcillo arenosa. Son suelos profundos y bien drenados. La reacción es ligeramente alcalina; la capacidad de intercambio catiónica es alta a moderada; la saturación de bases es alta. La fertilidad natural es alta.

La alta susceptibilidad a la erosión y las fuertes pendientes, permiten clasificar estos suelos en la clase VII por su capacidad de uso. El manejo irracional de los suelos en cuanto a talas y quemas está acelerando su total destrucción. Es imperioso mantenerlos permanentemente con cobertura vegetal.

#### **2.2.7.1.25 Asociación: *Ustic Humitropepts, Ustic Dystropepts, Lithic Ustorthents*. Símbolo XRYf1**

La unidad ocupa altitudes que oscilan entre los 2.800 a 3.000 metros, dentro de un clima frío seco, donde la temperatura media anual es de 16°C y la precipitación pluvial inferior a 1000 mm. Según Holdridge está en la zona ecológica de bosque seco Montano Bajo (bs-MB).



**Foto.** Paisaje de Montaña con relieves de crestas ramificadas intensamente explotadas con cultivos y pastos.

En ésta unidad cartográfica domina los tipos de relieve de Crestas Ramificadas, constituidas principalmente por rocas sedimentarias (areniscas de grano fino, lutitas, Arcillolitas, lodolitas, caliza) y presentan topografía fuertemente quebrada, con dominancia de pendientes mayores del 50%, y son evidentes los procesos de escurrimiento difuso en grado ligero.

Estos suelos se encuentran en su mayoría cubiertos por pastos, rastrojo y cultivos de: cebada, maíz, trigo, curuba, tomate de árbol. Hay algunos relictos de bosque primario (aliso, roble, camiseta).

Conforman la unidad los suelos Ustic Humitropepts en un 40%, Ustic Dystropepts en un 30% y Lithic Ustorthents en un 30%.

Los suelos Ustic Humitropepts se localizan en las laderas intermedias de los relieves de las Crestas ramificadas y presentan un perfil de nomenclatura A - B - C; el horizonte A, es de un espesor de 30 cm, su color es pardo a pardo oscuro, y la textura es franca; el horizonte B, es de color pardo amarillento y textura franco arcillo arenosa; el horizonte C, es de color pardo amarillento claro y textura arcillo arenosa. Son suelos moderadamente profundos y bien drenados. La reacción es fuertemente ácida (pH 5.0 a 5.5); la capacidad de intercambio catiónica es alta. La fertilidad natural es baja.

Los suelos Ustic Dystropepts se localizan en las laderas inferiores de los relieves de Cresta Ramificada y presentan un perfil de nomenclatura A - B - C; el horizonte A, es de color pardo amarillento oscuro y la textura es franca con gravilla en su límite inferior; el B es de color pardo rojizo oscuro y la textura es franco arcillosa; el horizonte C es pardo amarillento claro y de textura franco arcillosa. Son suelos moderadamente profundos y bien drenados. La reacción es fuertemente ácida (pH 5.0 a 5.5); los contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo son bajos. La fertilidad natural es moderada.

Los suelos Ustic Ustorthents presentan un perfil de nomenclatura A - C; el horizonte A, es de un espesor variable, de 20 a 60 cm, su color es pardo muy oscuro, y la textura es franco arcillo arenosa gravillosa; el horizonte C, es de color pardo muy pálido y de textura franco arenosa gravillosa. Son suelos moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, y son bien drenados. La

reacción es ligeramente ácida; los niveles de calcio y magnesio son medio y los de potasio y fósforo son bajos. La fertilidad natural es alta.

El relieve fuertemente quebrado y la susceptibilidad a la erosión, permite clasificarlos en la Clase VII por su capacidad de uso. En estos suelos susceptibles a la erosión y desprovistos de vegetación arbórea en casi toda el área, se deben desarrollar programas técnicos de reforestación; también se pueden establecer cultivos de maíz y frutales (curuba, tomate de árbol), al igual que explotaciones ganaderas con pasto kikuyo y azul orchoro.

**2.2.7.1.26 Asociación: *Ustic Dystropepts, Typic Dystrustepts, Ustic Humitropepts, Afloramientos Rocosos. Símbolo XRIf2.***

La unidad ocupa alturas que oscilan entre los 2.800 a 3.000 msnm, dentro de un clima frío seco, donde la temperatura media anual es de 16°C y la precipitación pluvial inferior a 100mm. De acuerdo con Holdridge, está en la zona ecológica de bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

En ésta unidad cartográfica domina los tipos de relieve de Crestas Ramificadas, de topografía fuertemente quebrada de pendientes mayores del 50%, afectado en amplias áreas por escurrimiento difuso en grado moderado. Constituidos principalmente por rocas ígneas (cuarzomonzonitas, granodioritas, tonalitas). Estos suelos se encuentran en su mayoría cubiertos por pastos, rastrojo, además, se conservan algunos relictos de bosque primario.

Conforman la unidad los suelos Ustic Dystropepts en un 40%, los suelos Ustic Humitropepts en un 40% y Afloramientos rocosos en un 20%.

Los suelos Ustic Dystropepts se localizan en las laderas intermedias de los relieves de Crestas Ramificadas y presentan un perfil de nomenclatura A - B - C; el horizonte A, es de un espesor de 25 cm, su color es pardo y pardo oscuro y la textura es franco arcillo arenosa; el horizonte B es rojo amarillento y amarillo pardusco y de textura franco arcillo gravillosa; el C es gris claro y pardo fuerte, de textura franco arcillo arenosa gravillosa. Son suelos moderadamente profundos y bien drenados. La reacción es moderadamente ácida (pH 5.5 a 6.0); la capacidad de intercambio catiónica es moderada; la saturación de bases, es baja. La fertilidad natural es baja.

Los suelos Ustic Humitropepts se localizan en las laderas inferiores de los relieves de Crestas Ramificadas y presentan un perfil de nomenclatura A - B - C. El horizonte A es de espesor variable, generalmente mayor de 30 cm, su color es pardo muy oscuro, y la textura es franco arcillosa; el B es de color pardo amarillento, de textura arcillo arenosa gravillosa; el horizonte C es de color pardo fuerte y pardo muy pálido, de textura franco arenosa gravillosa. Son suelos moderadamente profundos, limitados por roca, bien drenados. La reacción es fuertemente ácida (pH 5.0 a 5.5); la capacidad de intercambio catiónica es alta; la saturación de bases es baja. La fertilidad natural es baja.

Las fuertes pendientes, la susceptibilidad a la erosión permite clasificar los suelos por su capacidad de uso en la clase VII. Las explotaciones ganaderas de tipo extensivo se deben evitar y la acción antrópica para facilitar la regeneración natural de la vegetación, con el fin de recuperar el recurso suelo. Se deben implementar programas de reforestación con vegetación nativa y foránea.

#### **2.2.7.1.27 Consociación: *Lithic Ustorthents*. Símbolo XRMf1**

Las áreas de estos suelos se encuentran a una altitud de 2200 a 3000 metros, dentro del clima frío, seco, donde las temperaturas oscilan de 12°C a 18°C y las lluvias anuales son inferiores a 1.000 mm; lo cual según Holdridge corresponde a la zona de vida ecológica de bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

El relieve, es de Crestas ramificadas, de topografía fuertemente quebrada, con pendientes mayores del 50%; se encuentran afectados por escurrimiento difuso en grado ligero.

La unidad está integrada en un 100% por suelos *Lithic Ustorthents*

Los suelos *Lithic Ustorthents* presentan un perfil de nomenclatura A - AC - R; el horizonte A, es de un espesor de 10 cm, su color es pardo grisáceo muy oscuro y la textura es franca; el AC es de color pardo grisáceo muy oscuro y textura franco arcillo arenosa; el R, corresponde a roca de cuarcita. Son suelos muy superficiales, bien drenados. La reacción es fuertemente ácida (pH 5.0 a 5.5). La fertilidad natural es baja.

El relieve fuertemente quebrado y la susceptibilidad a la erosión, permite clasificarlos en la Clase VII por su capacidad de uso. Su uso es silvopastoril, empleando especies maderables nativas y foráneas. La explotación en ganadería extensiva se debe hacer con pasto kikuyo, con una buena rotación de potreros.

En resumen, las unidades de suelos se indican en la siguiente tabla.

Tabla 51. Unidades de suelos

CODIGO	CLIMA	PAISAJE	SUBPAISAJE	LITOLOGIA	TOPOGRAFIA	UNIDAD TAXONOMICA	PENDIENTE	CLASE AGROLOGICA	TEXTURA	PH	PROFUNDIDAD	FERTILIDAD	USO
ECSgr	Extremadamente frio, Humedo y muy humedo (Paramo Alto)	Montaña	Cumbre Glaciar	Arenisca, Lutitas, Calizas	Muy Fuertemente Empinada	Consociacion: Afloramiento rocoso	Superior al 75%	Clase VIII	Rocas	extremadamente acida PH menor 4.5	Suelos muy Superficiales afectados por rocas	Muy Baja	Conservacion y Proteccion del Recurso Hidrico
EVWa	Extremadamente Frio, Humedo muy humedo (Paramo Alto)	Montaña	Vallecito Intermontano	Depositos superficiales aluviocoluv	Ligeramente Plana	Consociacion: Lithic Cryorthents	Menores del 3%	Clase VIII	Rocas	Extremadamente acida PH menor 4.5	Suelos muy superficiales limitados por rocas	Muy Baja	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico
FGDb	Frio Muy Humedo	Montaña	Glacis	Depositos superficiales Coluvio-Alu	Ligeramente Ondulada	Asociacion: Fluventic Humitropepts, Typic Humitropepts, Dystropepts, Typic Troporthents	7a 12% y 3 a 7%	Clase IV	Franco arenosa y arenosa franca	Muy fuerte PH 4.5 a 5.0 a fuertemente acida PH 5.0 a 5.5	Profundos Moderadamente Profundos y Superficiales	Baja	Agropecuuario
FKAfr	Frio Muy Humedo	Montaña	Creston Homoclinal	Areniscas	Fuertemente Empinada	Grupo Indiferenciado: Typic Troporthents, Typic Humitropepts, Afloramientos rocosos	50-75%	Clase VII	Franca, franco arcillosa, franco arenosa	Muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0 y moderadamente acida PH	Suelos Superficiales y Profundos	Baja Moderada y	Silvopastoril
FKZfr	Frio, muy humedo	Montaña	Creston Homoclinal	Caliza	Fuertemente empinada	Grupo Indiferenciado: Typic Troporthents, Vertic Humitropepts, Afloramiento rocosos	50-75%	Clase VII	Franco, arcilloso arenoso	Moderadamente acido PH 5.5 a 6.0 y neutro PH mayor de 6.6	Suelos Superficiales y profundos	Natural, moderada y	Agrosilvopastoril
FRBf	Frio, muy humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Gneis de Bucaramanga con recubrimiento de ceniza volcanica	Fuertemente Quebrada	Asociacion: Typic Andic Dystropepts, Humitropapts	50-75%	Clase VII	Franco arenosa, franco arcillo arenosa, arcillosa y arcillo arenosa	Reaccion muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0 y moderadamente acida PH 5.5 a 6.0	Moderadamente Profundos y Superficiales	Baja Moderada y	Agropastoril
FRIf1	Frio, muy humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Cuarzomonzonita, Granodioritas y tonalitas	Fuertemente Quebrada	Conciacion: Typic Humitropepts	50-75%	Clase VII	Franco arcillo arenosa	reaccion fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Superficiales y moderadamente profundos	Natural Baja	Reforestacion con especies nativas
FRMf	Frio, muy humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Filita, esquistos y cuarcita	Fuertemente Quebrada	Asociacion: Lithic Typic Humitropepts, Troporthents	50-75%	Clase VII	Franca, franco arcilloso gravilosa	Extremadamente acida PH menor que 4.5 y muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos superficiales, con abundante material organico en superficie	Muy baja y Baja	Silvopastoril



CODIGO	CLIMA	PAISAJE	SUBPAISAJE	LITOLOGIA	TOPOGRAFIA	UNIDAD TAXONOMICA	PENDIENTE	CLASE AGROLOGICA	TEXTURA	PH	PROFUNDIDAD	FERTILIDAD	USO
FRYf	Frio, muy humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Arcillolita, lutita, Lodolita, caliza y arenisca de grano fino	Fuertemente Quebrada	Grupo Indiferenciado: Typic Humitropepts, Typic Dystropepts, Typic Troporthents	50-75%	Clase VII	Arenosa franca, franco arcillosa, franca	Reaccion moderadamente acida PH 5.5 a 6.0 y extremadamente acida PH menor 4.5	Suelos profundos, moderadamente profundos y superficiales	Natural moderada y muy baja	Agrosilvopastoril, reforestacion con especies nativas y foraneas
FVWb	Frio, muy humedo	Montaña	Vallecito intermontano	Depositos superficiales aluvio-coluviales	Ligeramente inclinada	Complejo: Fluventic humitropepts, typic dystropepts, aerit tropic, fluvaquents	Menor del 7%	Clase III	Franco arenosa, arenosa franca, franco arcillo arenosa y franco arcillo limosa	Muy fuertemente acida Ph 4.5 a 5.0 a moderadamente acida Ph 5.5 a 6.0	Suelos moderadamente profundos, superficiales y muy superficiales	Natural Baja	Agropecuario
HGDd	Frio humedo	Montaña	Glacis	Deposito Superficiales Coluvio-Aluviales	Inclinada	Asociacion typic troporthents, typic dystropepts y fluventic humitropepts	12 -25%	Clase IV	Franca, arcillo limosa	Fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos moderadamente profundos	Baja	Agricola
HKAfr	Frio humedo	Montaña	Cresta homoclinal Abrupta Creston homoclinal y	Arenisca	Fuerte y muy fuertemente empinada	Grupo indiferenciado: Lithic Troporthents, Typic Dystropepts, Afloramientos Rocosos	50-75%	Clase VIII	Franco arenosa, Franco arcillosa, y Franco arcillo arenosa	Muy fuerte PH 4.5 a 5.0 y extremadamente acida PH menor a 4.5	Suelos superficial profundos y	Baja y muy baja	Conservacionista y proteccionista
HKAfr	Frio humedo	Montaña	Cresta homoclinal Abrupta Creston homoclinal y	Arenisca	Fuerte y muy fuertemente empinada	Grupo indiferenciado: Lithic Troporthents, Typic Dystropepts, Afloramientos Rocosos	50-75%	Clase VIII	Franco arenosa, Franco arcillosa, y Franco arcillo arenosa	Muy fuerte PH 4.5 a 5.0 y extremadamente acida PH menor a 4.5	Suelos superficial profundos y	Baja y muy baja	Conservacionista y proteccionista
HKZfr	Frio humedo	Montaña	Creton Homoclinal	Caliza	Fuertemente empinada	Grupo indiferenciado: Typic Troporthents, Vertic Humitropepts, Afloramientos Rocosos	50-75%	Clase VII	Franco arcillo arenosa, y Franco arcillosa	Moderadamente acida PH 5.5 a 6.0 y neutro PH mayor a 6.6	Suelos Superficiales Profuendos y	Moderada y alta	Silvopastoril
HKZfr	Frio humedo	Montaña	Creton Homoclinal	Caliza	Fuertemente empinada	Grupo indiferenciado: Typic Troporthents, Vertic Humitropepts, Afloramientos Rocosos	50-75%	Clase VII	Franco arcillo arenosa, y Franco arcillosa	Moderadamente acida PH 5.5 a 6.0 y neutro PH mayor a 6.6	Suelos Superficiales Profuendos y	Moderada y alta	Silvopastoril



CODIGO	CLIMA	PAISAJE	SUBPAISAJE	LITOLOGIA	TOPOGRAFIA	UNIDAD TAXONOMICA	PENDIENTE	CLASE AGROLOGICA	TEXTURA	PH	PROFUNDIDAD	FERTILIDAD	USO
HRIf2	Frio humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Cuarzomonzonita, Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente quebrada	Asociacion: Dystropepts, Troporhents Lithic Typic	50-75%	Clase VII	Franco arcillo gravilosa y franco arcillo arenosa gravilosa	Tiene reaccion muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos muy superficiales y profundos	Natural Baja	Forestal
HRIf2	Frio humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Cuarzomonzonita, Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente quebrada	Asociacion: Dystropepts, Troporhents Lithic Typic	50-75%	Clase VII	Franco arcillo gravilosa y franco arcillo arenosa gravilosa	Tiene reaccion muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos muy superficiales y profundos	Natural Baja	Forestal
HRIf2	Frio humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Cuarzomonzonita, Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente quebrada	Asociacion: Dystropepts, Troporhents Lithic Typic	50-75%	Clase VII	Franco arcillo gravilosa y franco arcillo arenosa gravilosa	Tiene reaccion muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos muy superficiales y profundos	Natural Baja	Forestal
HRMf1	Frio humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Filita, esquistos u cuarcita	Fuertemente quebrada	Asociacion: Troporhents, Dystropepts Typic Lithic	50-75%	Clase VII	Franca, franco arcillo arenosa	Reaccion muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos moderadamente profundos y superficiales	Natural baja	Silvopastoril
HRyF1	Frio humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Arcillolita, Lutita, Lodolita, caliza y arenisca de grano fino	Fuertemente quebrada	Grupo indiferenciado: Typic Dystropepts, Typic Troporhents, Typic Humitropepts	50-75%	Clase VII	Franco arcillosa, franca, arenosa franca	Extremadamente acida PH menor a 4.5 y moderadamente acida PH 5.5 a 6.0	Suelos moderadamente profundos, superficiales y profundos	Muy baja y moderada	Silvopastoril
PCSgr	Muy frio, muy humedo y humedo (Paramo bajo)	Montaña	Cresta homoclinal abrupta	Areniscas, lutitas y calizas	Muy fuertemente empinada	Grupo indiferenciado: Afloramiento Roccosos, Lithic Humitropepts, Typic Troporhents	Mayores de 75%	Clase VIII	Arenosa franca	Muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos superficiales amoderadamente profundos	Baja	Conservacion y proteccion del recurso hidrico
PGDc	Muy frio, muy humedo y humedo	Montaña	Glacis	Depositos superficiales coluvio-aluviales	Inclinada	Consociacion: Fluventic Dystropepts	Menores del 12%	Clase IV	Franco arcillo arenosa, arcillosa y franco arenosa	Muy fuerte a moderadamente acida PH 4.5 a 6.0	Suelos profundos	Natural baja	Agricultura
PLId1	Muy frio, muy humedo y humedo	Montaña	Lomas	Cuarzomonzonita, Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente ondulada y ondulada	Asociacion Troporhents, Humitropepts Lithic Typic	25-50% y 12-25%	Clase VIII	Franco arenosa	Muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos Moderadamente Profundos	Baja	Agricultura
PLIe2	Muy frio, muy humedo y humedo	Montaña	Lomas	Cuarzomonzonita, Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente ondulada y ondulada	Asociacion Troporhents, Humitropepts Lithic Typic	25-50% y 12-25%	Clase VIII	Franco arenosa	Muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos Moderadamente Profundos	Baja	Agricultura

CODIGO	CLIMA	PAISAJE	SUBPAISAJE	LITOLOGIA	TOPOGRAFIA	UNIDAD TAXONOMICA	PENDIENTE	CLASE AGROLOGICA	TEXTURA	PH	PROFUNDIDAD	FERTILIDAD	USO
PLSdp	Muy frio, muy humedo y	Montaña	Lomas	Arenisca, Lutitas, Calizas	Ondulada	Asociacion: Humitropapts, Dystropapts, Dystropapts Typic Lithic	12 a 25%	Clase VI	Franco arcillosa, arcillosa y franca	Fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Son profundos y superficiales	Natural baja	Agricultura
PLZc	Muy frio, muy humedo y	Montaña	Lomas	Caliza	Fuerte ligeramente inclinada y	Asociacion: Hapludolls, Hapludolls Lithic Entic	menores del 50%	Clase IV	Franco arcillosa y franco arcillo arenosa	Reaccion es neutra a moderadamente alcalina PH mayor 7.0		Alta	Agricultura
PLZep	Muy frio, muy humedo y	Montaña	Lomas	Caliza	Fuerte ligeramente inclinada y	Asociacion: Hapludolls, Hapludolls Lithic Entic	menores del 50%	Clase IV	Franco arcillosa y franco arcillo arenosa	Reaccion es neutra a moderadamente alcalina PH mayor 7.0		Alta	Agricultura
PRBf	Muy frio, muy humedo y humedo(Paramo Bajo)	Montaña	Cresta Ramificada	Gneis de Bucaramanga con recubrimiento de ceniza volcanica	Fuertemente quebrada	Asociacion: Humitropepts, Melanudads Andic Typic	50-75%	Clase VIII	Franco arcillosa	Fuertemente acida PH 5.0 a 5.5	Suelos profundos	Natural baja	Conservacion y proteccion del recurso hidrico
PRIf1	Muy frio, muy humedo y humedo (Paramo Bajo)	Montaña	Cresta Ramificada	Cuarzomonzonita, Granodiorita y Tonalita	Fuertemente quebrada	Consociacion: Humitropepts Lithic	Mayores del 50%	Clase VIII	franca arenosa sobre franca	Fuertemente acida, saturacion de aluminio de cambio mayor del 60%		Muy baja	Conservacion y proteccion del recurso hidrico
PRMfr	Muy frio, muy humedo y humedo(Paramo Bajo)	Montaña	Cresta Ramificada	Filita, esquistos y cuarcita, con recubrimiento y ceniza volcanica por sectores	Fuertemente quebrada	Asociacion: Humitropepts, Humitropapts Lithic Andic	50 a 75%	Clase VIII	Franca y franco arcillosa	Reaccion extremada PH menor 4.5 a muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos superficiales y profundos	Natural Baja	Conservacion y proteccion del recurso hidrico
PRYf	Muy frio, muy humedo y humedo (Paramo bajo)	Montaña	Cresta ramificada	Cuarzomonzonita, granodiorita y tonalita	Fuertemente quebrada	Grupo Indiferenciado: Typic Dystropepts, Lithic Tropontents, Afloramientos Rocosos	Mayores del 50%	Clase VIII	Franco arenosa y franca	Muy fuertemente acida	Suelos Superficiales	Muy baja	Conservacion y proteccion del recurso hidrico

CODIGO	CLIMA	PAISAJE	SUBPAISAJE	LITOLOGIA	TOPOGRAFIA	UNIDAD TAXONOMICA	PENDIENTE	CLASE AGROLOGICA	TEXTURA	PH	PROFUNDIDAD	FERTILIDAD	USO
PVWa	Muy frio, muy humedo y	Montaña	Vallesito intermontano	Depositos superficiales aluvio-colviales	Ligeramente plana	Complejo: Typic Tropofluvents, Dystropepts	Menores del 3%	Clase III	Franco arcillo arenosa, franca franco arenosa	Moderadamente acida a neutra PH 5.5 a 7.0 y muy fuertemente acida 4.5 a 5.0	Profundos y superficiales afectados en algunos sectores por fragmentos de roca en superficie	Moderada y baja	Agricola
XGDc	Frio seco	Montaña	Glacis	Depositos superficiales coluvio-aluviales	inclinada	Consociacion: Typic Haplustolls	7-12%	Clase IV	Franco arenosa y arcillosa	Neutro PH 6.6 a 7.2	Profundos	Alta	Agropecuaria
XKZf1	Frio seco	Montaña	Creston homoclinal	Caliza	Fuertemente empinado	Consociacion: Typic Haplustolls	50-75%	Clase VII	Franco arcillo arenosa y franco arenosa	Ligeramente alcalina Ph 7.0 a 7.5	Profundos	Alta	Agrosilvopastoril
XRIf2	Frio seco	Montaña	Cresta ramificada	Cuarzomonzonita y Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente quebrada	Asociacion: Ustic Dystropepts, Humitropepts, Afloramiento Rocosos	50-75%	Clase VII	Franco arcillo arenosa con gravilla	Reaccion fuertemente acida PH 5.0 a 5.5	Suelos moderadamente profundos	Baja	Forestal
XRMf1	Frio Seco	Montaña	Cresta Ramificada	Filita, esquisto y cuarcita	Fuertemente quebrada	Consociacion: Lithic Ustorthents	50-75%	Clase VII	Franca, franco arcillo arenosa a franco arenosa	Reaccion fuertemente acida PH 5.0 a 5.5	Suelos muy superficiales	Baja	Silvopastoril
XRYf1	Frio Seco	Montaña	Cresta Ramificada	Arcillolita, Lutita, Lodolita, Caliza y arenisca de grano fino	Fuertemente quebrada	Asociacion: Ustic Humitropepts, Dystropepts, Ustorthents	50-75%	Clase VII	Franco arcilla arenosa	Fuertemente acida PH 5.0 a 6.5 y ligeramente acida 6.0 a 6.5	Suelos moderadamente profundos	Natural es baja y alta	Agrosilvopastoril

## **2.2.7.2 CLASIFICACIÓN DE TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO**

Para el entorno local del paramo Santurban, se realizó la clasificación de las tierras por su capacidad de uso, de acuerdo a los datos de clasificación agrologica extraídos de la base de suelos del IGAC.

### ***2.2.7.2.1 Clasificación Agrológica y Subclases de Uso y Manejo de los Suelos***

La existencia de diferentes pisos térmicos y provincias de humedad, en la zona de estudio, permite el establecimiento de cultivos, en relieves de topografía suave, y de vegetación arbórea con fines comerciales y de protección de cuencas hidrográficas, en relieves empinados. Sin embargo, para alcanzar estos objetivos es indispensable que los suelos tengan el uso y el manejo adecuados para hacerlos verdaderamente productivos.

Para lograr éste propósito las unidades cartográficas de suelos fueron analizadas de acuerdo a las finalidades de una Clasificación Agrológica y con base en ello se forman Subclases de Uso y Manejo de Suelos que presentan, en lo posible, cada una de ellas diferentes limitaciones para efecto de uso y manejo.

La clasificación Agrológica es la asignación de clases, subclases que se dan a las diferentes unidades cartográficas definidas en un estudio de suelos para un uso práctico inmediato o futuro, sobre la base de su capacidad para producir cultivos, pastos y árboles maderables sin causar su deterioro en un plazo largo.

La clasificación Agrológica es de tipo interpretativo y se basa en los efectos de las combinaciones de clima y características permanentes de los suelos, sobre los riesgos de deteriorarlos, limitaciones en uso y capacidad de producir cosechas y requerimientos de manejo de los suelos.

Las características permanentes de los suelos hacen referencia a la pendiente, textura, profundidad efectiva, permeabilidad, capacidad de retención de humedad, tipo de arcilla, drenaje natural.

Los suelos se agrupan en este estudio de acuerdo a la interpretación que se hizo de sus características y cualidades, y a los principios generales sobre el uso y manejo desarrollados sobre suelos y unidades fisiográficas similares, ubicados en otras zonas del país.

Los suelos utilizados para cultivos lo son también para pastos, bosques, vida silvestre, etc.; los suelos que no se adaptan a cultivos son adecuados para pastos, bosque o vida silvestre; otros son adecuados solamente para pastos o vida silvestre; otros solamente son adecuados para bosque o vida silvestre, recreo y nacimiento de agua.

Para lograr éste propósito las unidades cartográficas de suelos delimitadas, se utilizó el Sistema de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, según el manual 210 del Servicio de Conservación de Suelos.

Este sistema de agrupamiento comprende ocho Clases, de las cuales la Clase I, II, III y la V no se presenta en este estudio. La Clase IV tiene vocación agrícola y pecuaria, especialmente por facilitarse

la mecanización, ya que los suelos se encuentran en relieves con pendientes menores del 20%. Las Clases agrológicas tienen gradaciones descendientes en calidades y aptitudes de los suelos, así por ejemplo, la Clase IV tiene un mayor número de limitaciones que la Clase II, presentan riesgos en las cosechas por bajos rendimientos y es mayor el costo de operación.

La Clase VI es apta para pastos, cultivos comerciales y de subsistencia o algunos cultivos específicos de buena rentabilidad como los frutales, pero requieren de prácticas intensivas de conservación y costos de operación muy elevados. La clase VII corresponde a tierras ubicadas en relieves de topografía fuertemente quebrada y empinada, con pendientes mayores del 50%. Su uso, más indicado, de acuerdo a los propósitos de CORPONOR es el de reforestarlas para proteger las cuencas hidrográficas que se manifiestan en la zona de estudio. La Clase VIII no tiene aptitud agropecuaria, solamente se debe permitir el desarrollo de la vida silvestre, para fines recreativos y para conservación de los recursos naturales, que favorecen en especial a las fuentes de agua. La Subclase es un agrupamiento de grupos de uso, que tienen factores similares de limitaciones y riesgos.

En el presente estudio se reconocen tres subclases generales de limitaciones y se designa por una o varias letras minúsculas a continuación de la clase.

- e. Erosión
- s. Limitaciones en la zona radicular por obstáculos físicos y/o químicos
- c. Limitaciones climáticas por bajas temperaturas, exceso de nubosidad y por déficit o exceso de lluvias

De acuerdo con la clase y subclase, se establecen Grupos de Uso y Manejo, los cuales se constituyen con base en características externas (grado de pendiente, erosión, presencia de piedras o rocas en la superficie), características físico-químicas (textura, pH, saturación de aluminio, profundidad efectiva, drenaje natural, etc.), similar uso y manejo, capacidad productiva y a la vez que responda a las mismas recomendaciones.

A continuación se describen cada uno de las Subclases, con respecto a las clases agrológicas; cada subclase presenta un potencial similar, al igual que limitaciones y riesgos. Tienen la suficiente uniformidad para ser utilizados en cultivos, pastos y bosques con prácticas idénticas, asimismo requieren un tratamiento de conservación y manejo de acuerdo al clima ambiental reinante en cada una de ellas.

Tabla 52. Clasificación Agrológica de uso y manejo de los suelos

Subclase	Símbolo Unidad Cartográfica	Factores limitantes	Uso Actual	Capacidad agrológica	Recomendaciones
IVcs	PLZc, PLZd, PLId1, PLDC.	Bajas temperaturas, fuertes vientos: Moderadamente profundos en la mayoría de los suelos.	Agricultura (cultivos de papa, hortalizas) y ganadería extensiva.	Agrícola: Cultivos de papa y cebolla.	En las explotaciones agrícolas control de malezas. en las explotaciones ganaderas debe evitarse el sobrepastoreo.
VIIIs	FRBf, FRMf, FRIf1, FRYf, FKZfr, FKAfr	Fuertes pendientes, profundidad efectiva superficial.	Ganadería extensiva y cultivos de subsistencia.	Reforestación con bosque productor- protector	Especies nativas y foráneas que se adapten a los suelos y a las condiciones ambientales de la zona y según el criterio de los técnicos forestales.

Subclase	Símbolo Unidad Cartográfica	Factores limitantes	Uso Actual	Capacidad agrologica	Recomendaciones
VIIse	HKZfr, HRYf1, HRIf2, HRBf1, HRMf1	Fuertes pendientes, escurrimiento difuso en grado ligero y moderado.	Ganadería extensiva y cultivos de subsistencia.	Reforestación con bosque protector y productor	Especies nativas y foráneas que se adapten a los suelos y a las condiciones ambientales de la zona.
VIIce	XKZf1, XRYf1, XRIf2, XRMf1	Escasez de lluvias y fuertes pendientes, escurrimiento difuso en grado ligero y moderado.	Ganadería extensiva con pasto kikuyo y falso poa	Reforestación con bosque protector y productor	Especies nativas y foráneas que se adapten a los suelos y a las condiciones ambientales de la zona.
VIII	ECSgr, EVWa, PCSgr, PRMfr, PRYf, PRRBf, PRIf1, HCAgr, HKAfr, PLIe2	Fuertes pendientes, ausencia de suelos en amplias áreas, suelos muy superficiales bajas temperaturas.	Afloramientos rocosos Vegetación de páramo pastos y cultivos de subsistencia.	Conservación de la vegetación existente, reforestaciones y protección de los nacimientos de agua y de las cuencas hidrográficas.	Permitir el desarrollo de la vegetación nativa en los sectores donde ha sido eliminada. Construcción de Infraestructura para promover el turismo científico y de recreación.

**Tierras de la Clase IV.** Los suelos de la clase IV tienen limitaciones muy severas que restringen la elección de cultivos y requieren un laboreo muy cuidadoso. Las restricciones en el uso, para los suelos de la clase IV, son mayores que para los de la clase III, lo mismo que la elección de cultivos, es mucho más limitada. Cuando estos suelos sostienen cultivos requieren cuidadosas prácticas de manejo y también de conservación, que son más difíciles de aplicar y de mantener. Los suelos en la clase IV pueden ser usados para cultivos propios de los climas: frío muy húmedo, húmedo y seco; muy frío húmedo y muy húmedo (páramo bajo).

**Subclase IVcs.** Comprende las unidades de suelos PLZc, PLZd, PLId1 y PGDc, ubicada en relieves de lomas y glacis; de topografía ligeramente ondulada, ondulada y ligeramente inclinada, con pendientes 7-12% y 12-25%, en clima muy frío húmedo y muy húmedo. Los suelos son moderadamente profundos y profundos, bien drenados, de textura variada con altos contenidos de limo y arena. Tienen pH inferior a 6.0 y la fertilidad es moderada a baja.

Las bajas temperaturas (heladas) y la fertilidad moderada constituyen los principales factores limitantes del uso de estos suelos. En las explotaciones agrícolas es necesario controlar las aguas de escorrentía, evitar los cultivos limpios; controlar las malezas selectivamente empleando prácticas culturales y matamalezas. En las explotaciones ganaderas debe evitarse el sobrepastoreo.

**Tierras de la Clase VII.** Los suelos de la clase VII tienen limitaciones más severas que las de los suelos de la clase VI, debido a una o más limitaciones continuas que no pueden ser corregidas, lo cual, los hacen inadecuados para cultivos y restringen su uso fundamentalmente al pastoreo, a bosque o a la vida silvestre. Se presentan en clima frío: muy húmedo, húmedo y seco.

**Subclase VIIs.** Integran esta subclase las unidades de suelos: FRBf, FRYf, FRMf, FRIf1, FKZfr y FKAfr, de topografía fuertemente quebrada y empinada, con pendientes mayores del 50% y afectados algunas de las unidades por afloramientos rocosos. El clima es frío muy húmedo con temperatura en promedio anual de 16°C y una precipitación de lluvias anual de 2000 a 4000 mm.

Los suelos son superficiales, moderadamente profundos y profundos, limitados por roca; son bien drenados, de textura variadas, algunos de ellos con altos contenidos de arena, arcilla y gravilla. Tienen reacción extremadamente ácida ( $\text{pH} < 4.5$ ) a neutra ( $\text{pH} 6.6$  a  $7.2$ ) y fertilidad muy baja a alta.

Los suelos tienen limitaciones muy severas y continuas que no pueden ser corregidas: fuertes pendientes, susceptibilidad a la erosión (movimientos en masa) y la superficialidad en la mayoría de los suelos constituyen los limitantes para su uso y manejo. Los suelos están utilizados en ganadería extensiva con pastos naturales (kikuyo y falso poa), también hay áreas de poca extensión con cultivos de subsistencia y áreas en rastrojo. El uso más apropiado debe consistir en plantaciones forestales de tipo comercial o de protección; de acuerdo con las características de los suelos, del relieve y según el criterio de los técnicos forestales.

Subclase VIIse. Pertenece a éste grupo las unidades de los suelos HRZfr, HRYf1, HRBf1, HRIf2 y HRMf1, distribuidos en el paisaje de Montaña, correspondientes a los relieves de Crestones Homoclinales y Crestas Ramificadas, en donde la topografía es empinada y fuertemente quebrada, con pendientes mayores del 50%. Afectados principalmente por escurrimiento difuso en grado ligero y en una de las unidades alcanza a ser moderado, así como, afloramientos rocosos en dos de las unidades mencionadas. El clima donde se encuentran estos suelos corresponde al Frío húmedo, donde la precipitación pluvial es inferior a 2000 mm y la temperatura en promedio anual es de  $16^{\circ}\text{C}$ .

Los suelos se caracterizan por ser muy superficiales, superficiales, moderadamente profundos y profundos; son bien drenados; son de textura media con altos contenidos de arena y gravilla. Tienen reacción muy fuertemente ácida ( $\text{pH} 4.5$  a  $5.0$ ) a ligeramente alcalina ( $\text{pH} 7.2$  a  $7.6$ ) y la fertilidad natural es baja a alta.

La zona radicular es, en su mayoría, muy superficial y los suelos se encuentran afectados por procesos de escurrimiento difuso y concentrado en grado ligero y moderado lo que obliga a explotarlos adecuadamente para evitar su deterioro total.

La mayor parte de estos suelos, están en rastrojo; también hay cultivos de maíz y de subsistencia. Estos suelos no presentan vocación agrícola o pecuaria y en consecuencia se deben destinar a la reforestación con bosque protector, productor- protector, conservación y sostenimiento de la vida silvestre.

Subclase VIIce. Esta subclase la conforman las unidades de suelos: XKZf1, XRYf1, XRIf2 y XRMf1, que están distribuidos en el paisaje de Montaña, correspondientes a los relieves de crestones Homoclinales y Crestas Ramificadas, en donde la topografía es empinada y fuertemente quebrada, con pendientes mayores del 50%. Afectados principalmente por escurrimiento difuso en grado ligero y en una de las unidades alcanza a ser moderado. El clima donde se encuentran estos suelos corresponde al frío seco, donde la precipitación pluvial es inferior a 1000 mm y la temperatura media anual es de  $16^{\circ}\text{C}$ .

Los suelos se caracterizan por ser, en su mayoría, moderadamente profundos y profundos; son bien drenados, son de textura media con altos contenidos de arena y gravilla. Tienen reacción fuertemente ácida ( $\text{pH} 5.0$  a  $5.5$ ) y en algunos alcanza a ser ligeramente alcalina ( $\text{pH} 7.2$  a  $7.6$ ) y la fertilidad natural es moderada a alta.

Están explotados en ganadería extensiva con pastos naturales, en algunas áreas mezclados con pastos mejorados. También hay sectores con cultivos de maíz y frutales (especialmente curuba y tomate de

árbol). La escasez de lluvias, la susceptibilidad a la erosión y las fuertes pendientes constituyen los limitantes para el uso y manejo de los suelos. El uso recomendable es dejar que crezca la vegetación natural y reforestar con especies nativas o foráneas que se adapten bien a las condiciones del medio.

**Tierras de la Clase VIII.** Corresponden a ésta clase las siguientes unidades de suelos: ECSgr, EVWa, PCSgr, PRMfr, PRYf, PRBf, PRIf1, HCAgr, HKAfr y PLle2. Los suelos se presentan en todos los relieves empinados de los paisajes de montaña, desde altitudes de 3000 metros hasta los 4200 metros; en los climas: Extremadamente frío, húmedo y muy húmedo (páramo alto), con temperatura media anual de 60 C y precipitación de lluvia anual inferior a los 2000 mm; y Muy frío, muy húmedo y húmedo (páramo bajo), con temperatura media anual de 10 0 C y lluvias anuales hasta de 2000 mm.

En las unidades del páramo alto, por lo general, hay ausencia total de suelo y donde se ha desarrollado son muy superficiales, excesivamente drenados. En el páramo bajo sí ha habido formación de suelo, son de texturas variadas con altos contenidos de arena y de materia orgánica. Tienen reacción extremadamente ácida y ligeramente ácida a neutra y la fertilidad de la mayoría de ellos es baja a alta.

Además de las fuertes pendientes, existen otros factores adversos muy severos que limitan notablemente el uso de estos suelos, tales como: el clima por sus bajas temperaturas constituye un factor determinante en las explotaciones agropecuarias; la escasa profundidad efectiva de los suelos y la alta incidencia de afloramientos rocosos.

El mejor uso que se le debe dar a estos suelos es dejar que crezca la vegetación nativa en los suelos que han sido explotados, y conservar la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea como protectora de los nacimientos de agua y de las cuencas hidrográficas, así como de la fauna y flora.

### **2.2.7.3. POTENCIAL DEL SUELO**

Para el entorno local del Paramo Santurban, en el área de jurisdicción de la CDMB, las categorías definidas para el potencial del suelo se presentan en base a la capacidad agrologica del suelo y a la fragilidad ambiental que presentan actualmente estas áreas de paramo. Los usos potenciales identificados corresponden a:

- Conservacion y Proteccion del Recurso Hidrico en los suelos clase VIII
- Forestal protector en los suelos clase VII, de alta pendiente y que se encuentran muy afectados por procesos de remoción en masa.
- Agropecuario en suelos Clase III y IV

Dichos usos potenciales se sintetizan en la siguiente tabla



Tabla 53. Usos potenciales del suelo en el Paramo de Santurban

SUELO	CLIMA	PAISAJE	SUBPAISAJE	LITOLOGIA	TOPOGRAFIA	UNIDAD TAXONOMICA	PENDIENTE	TEXTURA	PH	PROFUNDIDAD	FERTILIDAD	CLASE AGROLOGICA	USO POTENCIAL	CONVENCION
FVWb	Frio, muy humedo	Montaña	Vallecito intermontano	Depositos superficiales aluvio-colviales	Ligeramente inclinada	Complejo: Fluventic humitropepts, typic dystropepts, aeritropic, fluvaquents	Menor del 7%	Franco arenosa, arenosa franca, franco arcillo arenosa y franco arcillo limosa	Muy fuertemente acida Ph 4.5 a 5.0 a moderadamente acida Ph 5.5 a 6.0	Suelos moderadamente profundos, superficiales y muy superficiales	Natural Baja	Clase III	Agropecuario	AGP
PVWa	Muy frio, muy humedo y	Montaña	Vallesito intermontano	Depositos superficiales aluvio-colviales	Ligeramente plana	Complejo: Typic Tropofluvents, Typic Dystropepts	Menores del 3%	Franco arcillo arenosa, franca y franco arenosa	Moderadamente acida a neutra PH 5.5 a 7.0 y muy fuertemente acida 4.5 a 5.0	Profundos y superficiales afectados en algunos sectores por fragmentos de roca en superficie	Moderada y baja	Clase III	Agropecuario	
FGDb	Frio Muy Humedo	Montaña	Glacis	Depositos superficiales Coluvio-Alu	Ligeramente Ondulada	Asociacion: Fluventic Humitropepts, Typic Dystropepts, Typic Troporthents	7a 12% y 3 a 7%	Franco arenosa y franco arenosa franca	Muy fuerte PH 4.5 a 5.0 a fuertemente acida PH 5.0 a 5.5	Profundos Moderadamente Profundos y Superficiales	Baja	Clase IV	Agropecuario	
HGDd	Frio humedo	Montaña	Glacis	Deposito Superficiales Coluvio-Aluviales	Inclinada	Asociacion: typic troporthents, typic dystropepts y fluventic humitropepts	12 -25%	Franca, arcillo limosa	Fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos moderadamente profundos	Baja	Clase IV	Agropecuario	
PGDc	Muy frio, muy humedo y	Montaña	Glacis	Depositos superficiales coluvio-aluviales	Inclinada	Consociacion: Fluventic Humitropepts	Menores del 12%	Franco arcillo arenosa, arcillosa y franco arenosa	Muy fuerte a moderadamente acida PH 4.5 a 6.0	Suelos profundos	Natural baja	Clase IV	Agropecuario	
PLZc	Muy frio, muy humedo y	Montaña	Lomas	Caliza	Fuerte y ligeramente inclinada	Asociacion: Lithic Hapludolls, Hapludolls	menores del 50%	Franco arcillosa y franco arcillo arenosa	Reaccion es neutra a moderadamente alcalina PH mayor 7.0		Alta	Clase IV	Agropecuario	
PLZep	Muy frio, muy humedo y	Montaña	Lomas	Caliza	Fuerte y ligeramente inclinada	Asociacion: Lithic Hapludolls, Hapludolls	menores del 50%	Franco arcillosa y franco arcillo arenosa	Reaccion es neutra a moderadamente alcalina PH mayor 7.0		Alta	Clase IV	Agropecuario	
XGDc	Frio seco	Montaña	Glacis	Depositos superficiales coluvio-aluviales	inclinada	Consociacion: Typic Hapludolls	7-12%	Franco arenosa y arcillosa	Neutro PH 6.6 a 7.2	Profundos	Alta	Clase IV	Agropecuario	
FKAfr	Frio Muy Humedo	Montaña	Creston Homoclinal	Areniscas	Fuertemente Empinada	Grupo Indiferenciado: Typic Troporthents, Typic Humitropepts, Afloramientos rocosos	50-75%	Franca, franco arcillosa, franco arenosa	Muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0 y moderadamente acida PH	Suelos Superficiales y Profundos	Baja Moderada y	Clase VII	Forestal protector	FP
FKZfr	Frio, muy humedo	Montaña	Creston Homoclinal	Caliza	Fuertemente empinada	Grupo Indiferenciado: Typic Troporthents, Vertic Humitropepts, Afloramiento rocosos	50-75%	Franco, arcilloso arenoso	Moderadamente acido PH 5.5 a 6.0 y neutro PH mayor de 6.6	Suelos Superficiales y profundos	Natural, moderada y	Clase VII	Forestal protector	
FRBf	Frio, muy humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Gneis de Bucaramanga con recubrimiento de ceniza volcanica	Fuertemente Quebrada	Asociacion: Typic Dystropepts, Andic Humitropapts	50-75%	Franco arenosa, franco arcillo arenosa y arcillo arenosa	Reaccion muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0 y moderadamente acida PH 5.5 a 6.0	Moderadamente Profundos y Superficiales	Baja Moderada y	Clase VII	Forestal protector	

FR1f1	Frio, muy humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Cuarzomonzonita, Granodioritas y tonalitas	Fuertemente Quebrada	Conciacion: Typic Humitropepts	50-75%	Franco arcillo arenosa	reaccion fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Superficiales y moderadamente profundos	Natural Baja	Clase VII	Forestal protector
FRMf	Frio, muy humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Filita, esquisto y cuarcita	Fuertemente Quebrada	Asociacion: Lithic Typic Troporthepts	50-75%	Franca, franco arcilloso gravilosa	Extremadamente acida PH menor que 4.5 y muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos superficiales, con abundante material organico en superficie	Muy baja y Baja	Clase VII	Forestal protector
FRYf	Frio, muy humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Arcillolita, lutita, Lodolita, caliza y arenisca de grano fino	Fuertemente Quebrada	Grupo Indiferenciado: Typic Humitropepts, Typic Dystropepts, Typic Troporthepts	50-75%	Arenosa franca, franco arcilloso, franca	Reaccion moderadamente acida PH 5.5 a 6.0 y extremadamente acida PH menor 4.5	Suelos profundos, moderadamente profundos y superficiales	Natural moderada y muy baja	Clase VII	Forestal protector
HKZfr	Frio humedo	Montaña	Creton Homoclinal	Caliza	Fuertemente empinada	Grupo Indiferenciado: Typic Troporthepts, Vertic Humitropepts, Afloramientos Rocosos	50-75%	Franco arcillo arenosa, y Franco arcilloso	Moderadamente acida PH 5.5 a 6.0 y neutro PH mayor a 6.6	Suelos Superficiales y Profundos	Moderada y alta	Clase VII	Forestal protector
HKZfr	Frio humedo	Montaña	Creton Homoclinal	Caliza	Fuertemente empinada	Grupo Indiferenciado: Typic Troporthepts, Vertic Humitropepts, Afloramientos Rocosos	50-75%	Franco arcillo arenosa, y Franco arcilloso	Moderadamente acida PH 5.5 a 6.0 y neutro PH mayor a 6.6	Suelos Superficiales y Profundos	Moderada y alta	Clase VII	Forestal protector
HR1f2	Frio humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Cuarzomonzonita, Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente quebrada	Asociacion: Lithic Typic Troporthepts	50-75%	Franco arcillo gravilosa y franco arcillo arenosa gravilosa	Tiene reaccion muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos muy superficiales y profundos	Natural Baja	Clase VII	Forestal protector
HR1f2	Frio humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Cuarzomonzonita, Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente quebrada	Asociacion: Lithic Typic Dystropepts, Troporthepts	50-75%	Franco arcillo gravilosa y franco arcillo arenosa gravilosa	Tiene reaccion muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos muy superficiales y profundos	Natural Baja	Clase VII	Forestal protector
HR1f2	Frio humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Cuarzomonzonita, Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente quebrada	Asociacion: Lithic Typic Dystropepts, Troporthepts	50-75%	Franco arcillo gravilosa y franco arcillo arenosa gravilosa	Tiene reaccion muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos muy superficiales y profundos	Natural Baja	Clase VII	Forestal protector
HRMf1	Frio humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Filita, esquisto u cuarcita	Fuertemente quebrada	Asociacion: Typic Lithic Troporthepts, Dystropepts	50-75%	Franca, franco arcillo arenosa	Reaccion muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos moderadamente profundos y superficiales	Natural baja	Clase VII	Forestal protector
HRYf1	Frio humedo	Montaña	Cresta Ramificada	Arcillolita, Lutita, Lodolita, caliza y arenisca de grano fino	Fuertemente quebrada	Grupo Indiferenciado: Typic Dystropepts, Typic Troporthepts, Typic Humitropepts	50-75%	Franco arcilloso, franca, arenosa franca	Extremadamente acida PH menor a 4.5 y moderadamente acida PH 5.5 a 6.0	Suelos moderadamente profundos, superficiales y profundos	Muy baja y moderada	Clase VII	Forestal protector
XKZf1	Frio seco	Montaña	Creton homoclinal	Caliza	Fuertemente empinado	Consociacion: Typic Haplustolls	50-75%	Franco arcillo arenosa y franco arenosa	Ligeramente alcalina Ph 7.0 a 7.5	Profundos	Alta	Clase VII	Forestal protector
XR1f2	Frio seco	Montaña	Cresta ramificada	Cuarzomonzonita y Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente quebrada	Asociacion: Ustic Dystropepts, Humitropepts, Afloramiento Rocosos	50-75%	Franco arcillo con gravilla	Reaccion fuertemente acida PH 5.0 a 5.5	Suelos moderadamente profundos	Baja	Clase VII	Forestal protector

XRMf1	Frio Seco	Montaña	Cresta Ramificada	Filita, esquisto y cuarcita	Fuertemente quebrada	Consociacion: Lithic Ustorthents	50-75%	Franca, franco arcillo arenosa a arenosa	Reaccion fuertemente acida PH 5.0 a 5.5	Suelos muy superficiales	Baja	Clase VII	Forestal protector
XRYf1	Frio Seco	Montaña	Cresta Ramificada	Arcillolita, Lutita, Lodolita, Caliza y arenisca de grano fino	Fuertemente quebrada	Asociacion: Ustic Humitropepts, Ustic Lithic Ustorthents	50-75%	Franco arcilla arenosa	Fuertemente acida PH 5.0 a 6.5 y ligeramente acida 6.0 a 6.5	Suelos moderadamente profundos	Natural es baja y alta	Clase VII	Forestal protector
ECsgr	Extremadamente frio, Humedo y muy humedo (Paramo Alto)	Montaña	Cumbre Glaciar	Arenisca, Lutitas, Calizas	Muy Fuertemente Empinada	Consociacion: Afloramiento rocoso	Superior al 75%	Rocas	extremadamente acida PH menor 4.5	Suelos muy superficiales afectados por rocas	Muy Baja	Clase VIII	Conservacion y Proteccion de los recursos naturales
EVWa	Extremadamente Frio, Humedo muy humedo (Paramo Alto)	Montaña	Vallecito Intermontano	Depositos superficiales aluviocoluv	Ligeramente Plana	Consociacion: Lithic Cryorthents	Menores del 3%	Rocas	Extremadamente acida PH menor 4.5	Suelos muy superficiales limitados por rocas	Muy Baja	Clase VIII	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico
HKAFr	Frio humedo	Montaña	Cresta homoclinal Abrupta y Creston homoclinal	Arenisca	Fuerte y muy fuertemente empinada	Grupo indiferenciado: Lithic Troprothents, Typic Dystropepts, Afloramientos Rocosos	50-75%	Franco arenosa, Franco arcillosa, y Franco arcillo arenosa	Muy fuerte PH 4.5 a 5.0 y extremadamente acida PH menor a 4.5	Suelos Muy superficial y profundos	Baja y muy baja	Clase VIII	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico
HKAFr	Frio humedo	Montaña	Cresta homoclinal Abrupta y Creston homoclinal	Arenisca	Fuerte y muy fuertemente empinada	Grupo indiferenciado: Lithic Troprothents, Typic Dystropepts, Afloramientos Rocosos	50-75%	Franco arenosa, Franco arcillosa, y Franco arcillo arenosa	Muy fuerte PH 4.5 a 5.0 y extremadamente acida PH menor a 4.5	Suelos Muy superficial y profundos	Baja y muy baja	Clase VIII	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico
PCSgr	Muy frio, muy humedo y humedo (Paramo bajo)	Montaña	Cresta homoclinal abrupta	Areniscas, lutitas y calizas	Muy fuertemente empinada	Grupo indiferenciado: Afloramiento Rocosos, Lithic Humitropepts, Typic Troprothents	Mayores de 75%	Arenosa franca	Muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos superficiales amoderadamente profundos	Baja	Clase VIII	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico
PLId1	Muy frio, muy humedo y humedo	Montaña	Lomas	Cuarzomonzonita, Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente ondulada y	Asociacion Lithic Troprothents, Typic Humitropepts	25-50% y 12-25%	Franco arenosa	Muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos Moderadamente Profundos	Baja	Clase VIII	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico
PLIe2	Muy frio, muy humedo y humedo	Montaña	Lomas	Cuarzomonzonita, Granodioritas y Tonalitas	Fuertemente ondulada y	Asociacion Lithic Troprothents, Typic Humitropepts	25-50% y 12-25%	Franco arenosa	Muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos Moderadamente Profundos	Baja	Clase VIII	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico
PRBf	Muy frio, muy humedo y humedo(Paramo Bajo)	Montaña	Cresta Ramificada	Gneis de Bucaramanga con recubrimiento de ceniza volcanica	Fuertemente quebrada	Asociacion: Andic Humitropepts, Typic Melanudads	50-75%	Franco arcillosa	Fuertemente acida PH 5.0 a 5.5	Suelos profundos	Natural baja	Clase VIII	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico
PRIf1	Muy frio, muy humedo y humedo (Paramo Bajo)	Montaña	Cresta Ramificada	Cuarzomonzonita, Granodiorita y Tonalita	Fuertemente quebrada	Consociacion: Lithic Humitropepts	Mayores del 50%	franca arenosa sobre franca	Fuertemente acida, saturacion de aluminio de cambio mayor del 60%		Muy baja	Clase VIII	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico
PRMfr	Muy frio, muy humedo y humedo(Paramo Bajo)	Montaña	Cresta Ramificada	Filita, esquisto y cuarcita, con recubrimiento y ceniza volcanica por sectores	Fuertemente quebrada	Asociacion: Lithic Humitropepts, Andic Humitropapts	50 a 75%	Franca y franco arcillosa	Reaccion extremada PH menor 4.5 a muy fuertemente acida PH 4.5 a 5.0	Suelos superficiales y profundos	Natural Baja	Clase VIII	Conservacion y proteccion del recurso hidrico
PRYf	Muy frio, muy humedo y humedo (Paramo bajo)	Montaña	Cresta ramificada	Cuarzomonzonita, granodiorita y tonalita	Fuertemente quebrada	Grupo Indiferenciado: Typic Dystropepts, Lithic Troprothents, Afloramientos Rocosos	Mayores del 50%	Franco arenosa y franca	Muy fuertemente acida	Suelos Superficiales	Muy baja	Clase VIII	Conservacion y proteccion del recurso hidrico

C

Para el entorno local del paramo Santurban, en jurisdicción de CORPONOR se encuentran los usos potenciales relacionados a continuación, y que pueden ser observados en el mapa: Uso Potencial del Paramo Santurban.

Areas de Proteccion hídrica  
 Proteccion absoluta  
 Suelos de Produccion  
 Tierras de conservación  
 Tierras para bosque protector  
 Tierras para cultivos permanentes  
 Tierras para cultivos semipermanentes  
 Tierras para sistemas agroforestales.

## 2.2.8 IDENTIFICACION DE PROCESOS AMENAZANTES

El entorno local del Paramo de Santurban es un área considerada de gran interés ambiental y economico para los departamentos de Santander y Norte de Santander; razón por la cual se han elaborado diferentes estudios; entre ellos los planes de ordenación ambiental de las cuencas del Zulia, Cachiri, Surata, Vetas, Tona, Oro, Charta Umpala entre otros, los documentos de Ordenacion territorial de los municipios de ambas jurisdicciones, que facilitan la identificación y caracterización de los procesos amenazantes en el paramo de Santurban, jurisdicción CDMB y CORPONOR. De acuerdo a dichos documentos, se identifican los siguientes procesos amenazantes.

Tabla 54. Identificacion de procesos amenazantes y sectores criticos

PROCESO AMENAZANTE	SECTORES CRITICOS
Erosión laminar y Erosión en surcos.	En la microcuenca de Surata Alto, el uso predominante agropecuario, caracterizado por la presencia de cultivos permanentes de café en la parte baja, cultivos limpios y semilimpios de hortalizas en la parte media y pastos de explotación lechera en la parte alta
Terracetas y patas de Cabras, microdeslizamientos múltiples de tipo laminar.	<p>En la Microcuenca de Surata Alto, en sectores de pastos pocos densos, especialmente en zonas de laderas de pendientes onduladas a fuertes.</p> <p>En la microcuenca de Vetas, se observan las terracetas y patas de cabra con gran frecuencia en las laderas fuertes de montañas y colinas, con cobertura de pastos, apareciendo microdeslizamientos múltiples de tipo laminar. También se observan sobre los pastos naturales de la quebrada Chumbulla y en las partes media y baja de la microcuenca donde se desarrollan potreros arbolados, rastrojos - pastos - cultivos, pastos - rastrojos y pastos – cultivos.</p>
Erosion y perdida de suelo	En la Microcuenca de Surata Alto. Atendiendo a la clasificación de la FAO – PNUMA – UNESCO (1981), la tasa de erosión promedio para la microcuenca del río Surata es de 68 Ton/Ha-año, es decir que para un área de 13763 Ha se espera un aporte de sedimentos de

	<p>0.94*10<sup>6</sup>Ton/año. (POA Surata Alto 2002)</p> <p>Microcuenca de Vetás. Atendiendo a la clasificación de la FAO – PNUMA – UNESCO (1981), la tasa de erosión promedio para la microcuenca del río Vetás es de 73 Ton/Ha-año, es decir que para un área de 15550 Ha se espera un aporte de sedimentos de 1.13*10<sup>6</sup> Ton/año. (POA Vetás 2002)</p> <p>Microcuenca de Tona. Atendiendo a la clasificación de la FAO – PNUMA – UNESCO (1981), la tasa de erosión promedio para la microcuenca del río Tona es de 38 Ton/Ha-año, es decir que para un área de 18000 Ha se espera un aporte de sedimentos de 0.68*10<sup>6</sup> Ton/año. (POA Tona 2002)</p>
Remoción en masa	<p>En Vetás, los sitios donde son comunes los movimientos de remoción en masa corresponden a los taludes adyacentes a las vías y/o zonas con actividad minera entre las que sobresalen las siguientes:</p> <p>En proximidad al casco urbano del municipio de Vetás, se observa la erosión y transformación del paisaje completamente alterado de la montaña, más conocida como “La Araña”; igualmente en la microcuenca de la quebrada el Volcán, donde se observa la formación de surcos y cárcavas, debido a la actividad minera.</p> <p>En California, en las quebradas de Angostura, Páez y La Baja, donde los paisajes están completamente erosionados y alterados por la extracción minera.</p> <p>Deslizamientos localizados en la vía California – la Bodega – Escuela, son deslizamientos de alto ángulo asociados a la apertura de la vía en laderas de alta pendiente donde los depósitos de vertiente se han desprendido y las excavaciones para extraer roca para beneficio del oro han eliminado la cobertura vegetal existente.</p> <p>Deslizamientos tipo desprendimiento de suelos típicos de la vía California - Vetás asociados a cortes de más de 3 metros de altura, realizados en la apertura de la vía, entre los que sobresalen los localizados aguas debajo de la quebrada la Chorrera en zonas de potreros.</p> <p>Reptación, en el sector del Cerrillo, margen derecha de la quebrada Chumbula.</p> <p>En los márgenes del río Vetás aguas arriba de Borrero y hasta el municipio de Vetás en los cortes de la vía se presentan deslizamientos y en los potreros “Pata de vaca”.</p> <p>En la Microcuenca de Tona; en la zona de Tembladal se identifican los siguientes procesos de remoción en masa:</p> <p>Derrumbos Gravitacionales. En Margen derecha quebrada Río Sucio</p>

	<p>debajo de la Casita; Márgenes de la quebrada López; Camino entre El Escobillal y El Gramal, Margen derecha camino Real entre La Casita y Berlín (Chorro El Vivito).</p> <p>Los deslizamientos localizados en la vía El Mortiño –Tona, en la margen derecha de la quebrada Valderama; y en la cabecera de la quebrada El Volante.</p> <p>El deslizamiento localizado en la vía que conduce a Ramiriquí en la margen izquierda de la quebrada Guarumales.</p> <p>El deslizamiento que se observa en la vía al Gramal</p> <p>Los deslizamientos presentes en el carreteable que conducen a Pírgua.</p> <p>De acuerdo al POA del río Charta, la amenaza alta por remoción en masa se observa en las áreas con deslizamientos en las Veredas del Roble y El Centro, sobre las Quebradas Coriana y Volcán Amarillo, afectando un área aproximada de 3 Km<sup>2</sup>. En la vereda “El Volcán se presentan lugares de alta fragilidad e inestabilidad, cuya categorización es debido a las altas pendientes (mayores del 75%), suelos superficiales con afloramiento rocoso, por su formación ígnea y precipitaciones superiores a los 1.000 mm que se ve agravado por encontrarse localizado en el cinturón del páramo húmedo, lo que grava el proceso de remoción, una detonante social que corresponde a la apertura de la vía Berlín – Vetás, la cual fue construida sin los debidos estudios técnicos y planes manejo correspondientes.</p> <p>Avenidas Torrenciales. Suelen ser críticas cuando se generan represamientos en las partes altas de las cuencas, en sectores encañonados de las corrientes. Una importante avenida torrencial podría generarse en la parte alta del Río Charta, en una extensión de casi 4 kilómetros, pasando el casco urbano de Charta.</p>
--	---

Fuente: Este estudio

#### 2.2.8.1 ZONIFICACION DE PROCESOS AMENAZANTES

Para el entorno local del Paramo Santurban jurisdicción de la CDMB y de CORPONOR, se determina que predominan procesos naturales, que en algún momento es probable que se conviertan en amenazantes, los procesos de remoción en masa del tipo deslizamientos y avenidas torrenciales; erosión laminar y terraceos, erosión en surcos y erosión en cárcavas.

La metodología aquí presentada es adaptada de las propuestas trabajadas por entidades como IDEAM, INGEOMINAS e IGAC, quienes han venido implementando y mejorando el “Método heurístico” a través del análisis multicriterio, el cual en la fase de ponderación de variables se apoya también en métodos estadísticos con la técnica de análisis multivariado, en los casos en los que existe suficiente información.

Básicamente, la metodología consiste en un análisis y evaluación multicriterio que se adelantada por un panel de expertos, quienes a partir de su experiencia y conocimiento, califican y ponderan las variables, acorde con unas reglas de decisión específicas que pueden ser implementadas en el SIG.

Los pasos metodológicos generales considerados en la metodología se sintetizan a continuación:

- Identificación de los procesos amenazantes.

Para cada proceso amenazante identificado tenga en cuenta:

- Diseño del modelo conceptual por proceso amenazante identificado. Revisión y selección de variables disponibles para realizar la calificación heurística. Dichas variables deben poder combinarse y permitir la creación de variables intermedias creándose un árbol de calificación.
- Ponderación de variables. Sobre el árbol de variables creado, se podrá colocar directamente la posible calificación numérica o porcentual de cada variable. El programa deberá tener en cuenta que la sumatoria de cada rama del árbol de variables
- No podrá superar el 100%. En este paso se realiza la ponderación mediante los procesos de análisis jerárquicos.
- Estandarización de las variables. El panel de expertos califican las variables con valores de 1 a 3; siendo el valor de 1 la calificación a una baja contribución, el valor de 2 para la media contribución y 3 para una alta contribución a la susceptibilidad del proceso amenazante.
- A continuación realice la sumatoria  $S = \sum W_i * X_i$   
Donde:  
S = Valor del indicador de susceptibilidad general del terreno  
W<sub>i</sub> = Ponderación para la variable i.  
X<sub>i</sub> = Calificación la variable i según el criterio de contribución al proceso amenazante definido por el experto

Es decir, se halla un indicador de susceptibilidad general del terreno al proceso amenazante, por medio de la **suma ponderada de cada uno de las variables del modelo**, categorizando la susceptibilidad de acuerdo al valor más cercano a los valores 1 a 3 antes mencionados.

- Optimización de la ponderación. Puede realizarse por medio del método de la Media ponderada ordenada. Y la calificación de las variables por medio de conjuntos difusos (valores de bajo, medio y alto).
- Una vez se obtenga la calificación para cada una de las variables, se validaran los resultados, comparando las diferentes categorías obtenidas con un inventario de eventos amenazantes, previamente establecido y que servirá como capa validadora del mapa.

Para la zonificación de los procesos amenazantes de remoción en masa y erosión y se realizó un análisis de los principales factores detonantes de estos procesos como son las áreas de mayor

precipitación, pendientes, abruptas; estructuras geológicas con fallamiento, y cobertura de la tierra de tipo afloramientos rocosos, tierras desnudas y degradadas.

La selección de variables, su calificación y ponderación estándar para el SIG, puede observar en la tabla 55.

Tabla 55. Calificación de variables para los procesos amenazantes de Remoción en masa y erosión.

<b>PRECIPITACION</b>	<b>calificación estándar</b>	<b>Ponderación</b>	<b>calificación promedio</b>
600 a 1000	1	0,25	0,25
1000 – 2000	2	0,25	0,5
>2000	3	0,25	0,75
<b>PENDIENTES</b>	<b>calificación estándar</b>	<b>Ponderación</b>	<b>calificación promedio</b>
0-3	1	0,25	0,25
3-7	1	0,25	0,25
7-12	2	0,25	0,5
12-25	2	0,25	0,5
25-50	3	0,25	0,75
50-75	3	0,25	0,75
>75	3	0,25	0,75
<b>ESTRUCTURAS GEOLOGICAS</b>	<b>calificación estándar</b>	<b>Ponderación</b>	<b>calificación promedio</b>
Unidades estratigráficas con intercepción de polígonos de falla	3	0,25	0,75
Unidades estratigráficas sin intercepción con polígonos de falla	2	0,25	0,5
<b>COBERTURA</b>	<b>calificación estándar</b>	<b>Ponderación</b>	<b>calificación promedio</b>
Afloramientos rocosos	3	0,25	0,75
Arbustal	2	0,25	0,5
Bosque Denso	1	0,25	0,25
Bosque fragmentado	1	0,25	0,25
Bosque de galería	1	0,25	0,25
Herbazal (paramo)	2	0,25	0,5
lagunas, lagos y cienagas naturales	1	0,25	0,25
Mosaico de cultivos	2	0,25	0,5
Mosaico de pastos con espacios naturales	2	0,25	0,5
Nubes	1	0,25	0,25
Pastos arbolados	1	0,25	0,25
Pastos limpios	3	0,25	0,75
Tejido urbano continuo	2	0,25	0,5
Tierras desnudas y degradadas	3	0,25	0,75

Fuente: Este Estudio



Figura 44. Zonificación de Amenazas por remoción en masa y procesos erosivos



Tabla 56. Zonificación procesos amenazantes

Proceso amenazante	Zonificación	Ubicación
Remoción en masa y procesos erosivos	Alta	En jurisdicción CDMB, predomina en sectores de los municipios de Vetas y California, en sectores al norte de Surata, norte de Piedecuesta y suroccidente de Tona. En jurisdicción CORPONOR, predomina en sectores de los municipios de Pamplona y Chitaga.
	Media	En jurisdicción CDMB, predomina en sectores al sur de Vetas, Surata y Piedecuesta. En jurisdicción CORPONOR, predomina en sectores de los municipios de Salazar, Cachira, Silos y Mutiscua.
	Baja	En jurisdicción CDMB, predomina en sectores de los municipios de Tona y Matanza. En jurisdicción CORPONOR, predomina en sectores de los municipios de Arboledas, Cucutilla, Silos y Mutiscua.

Fuente: Este estudio

## 2.2.9 CONFLICTO DE USOS DEL SUELO

Existen conflictos en el uso del suelo, cuando el uso que se da a las coberturas existentes no es el más adecuado de acuerdo a las condiciones naturales del suelo.

Los conflictos de uso suelen señalarse contraponiendo el mapa temático de cobertura y uso actual del suelo versus el uso potencial del suelo; la clasificación de los tipos de uso en conflicto se realiza en términos de usos muy inadecuados (MI), inadecuados (I), sin conflicto (SC), los cuales se describen a continuación para el entorno local del paramo de Santurban.

Uso muy inadecuado (MI). Ocurren cuando la cobertura tiene un uso actual excesivo respecto al uso potencial que se le puede dar al suelo; se les define en un grado de conflicto alto. En el paramo de Santurban se genera este conflicto en la extensión definida en el mapa: Usos en conflicto.

Uso inadecuado (I). Se presenta si la cobertura en su uso actual del suelo ejerce una actividad no adecuada o incompatible a la indicada en el uso potencial; se les define en un grado de conflicto medio. En el paramo de Santurban se genera este conflicto en la extensión definida en el mapa: Usos en conflicto.

Uso Sin Conflicto (SC). Sucede cuando la cobertura en su uso actual corresponde al uso potencial, por lo que se define en un grado de sin conflicto. En el paramo de Santurban se genera este conflicto en la extensión definida en el mapa: Usos en conflicto.

Las combinaciones de cobertura y uso actual Vs Uso Potencial, utilizadas para definir los usos en conflicto en el entorno local del paramo de Santurban, jurisdicción CDMB y jurisdicción CORPONOR, se observan en la siguiente tabla.

Tabla 57. Usos en conflicto Paramo de Santurban

Cobertura de la tierra	Uso Potencial	Conflicto	Convencion	Area (ha)
Arbustal	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Sin Conflicto	I	1714,11585288
Arbustal	Forestal protector	Sin Conflicto		
Arbustal	Agropecuario	Sin Conflicto		
Pastos arbolados	Forestal protector	Inadecuado		
Tejido urbano continuo	Agropecuario	Inadecuado		
Mosaico de cultivos	Conservacion y Proteccio recurso hidrico	Muy Inadecuado	MI	6119,44435679
Mosaico de pastos con espacios naturales	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Muy Inadecuado		
Mosaico de pastos con espacios naturales	Forestal protector	Muy Inadecuado		
Pastos limpios	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Muy Inadecuado		
Pastos limpios	Forestal protector	Muy Inadecuado		
Tejido urbano continuo	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Muy Inadecuado		
Tejido urbano continuo	Forestal protector	Muy Inadecuado		
Tierras desnudas y degradadas	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Muy Inadecuado		
Afloramientos rocosos	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Sin Conflicto	SC	55432,9509621
Bosque Denso	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Sin Conflicto		
Bosque Denso	Forestal protector	Sin Conflicto		
Bosque Denso	Agropecuario	Sin conflicto		
Bosque de galeria	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Sin Conflicto		
Bosque de galeria	Forestal protector	Sin Conflicto		
Bosque de galeria	Agropecuario	Sin Conflicto		
Herbazal (paramo)	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Sin Conflicto		
Herbazal (paramo)	Forestal protector	Sin Conflicto		
Herbazal (paramo)	Agropecuario	Sin Conflicto		
lagunas, lagos y cienagas naturales	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Sin Conflicto		
lagunas, lagos y cienagas naturales	Forestal protector	Sin Conflicto		
lagunas, lagos y cienagas naturales	Agropecuario	Sin Conflicto		
Mosaico de cultivos	Agropecuario	Sin Conflicto		
Mosaico de pastos con espacios naturales	Agropecuario	Sin Conflicto		
Pastos limpios	Agropecuario	Sin Conflicto		
Nubes	Conservacion y Proteccion del recurso hidrico	Sin Informacion	SI	5886,46760803
Nubes	Forestal protector	Sin Informacion		
Nubes	Agropecuario	Sin Informacion		

Fuente: Este estudio.

## 2.2.10 ZONIFICACION PARAMO SANTURBAN

Para la zonificación para el entorno local del paramo de Santurban, en jurisdicción CDMB, se establecen las zonas de preservación, y restauración, Ver Tabla 58 y Figura 45. Zonificación Paramo Santurban y su entorno local, las cuales de acuerdo al decreto 2372 de 2010 se definen como:

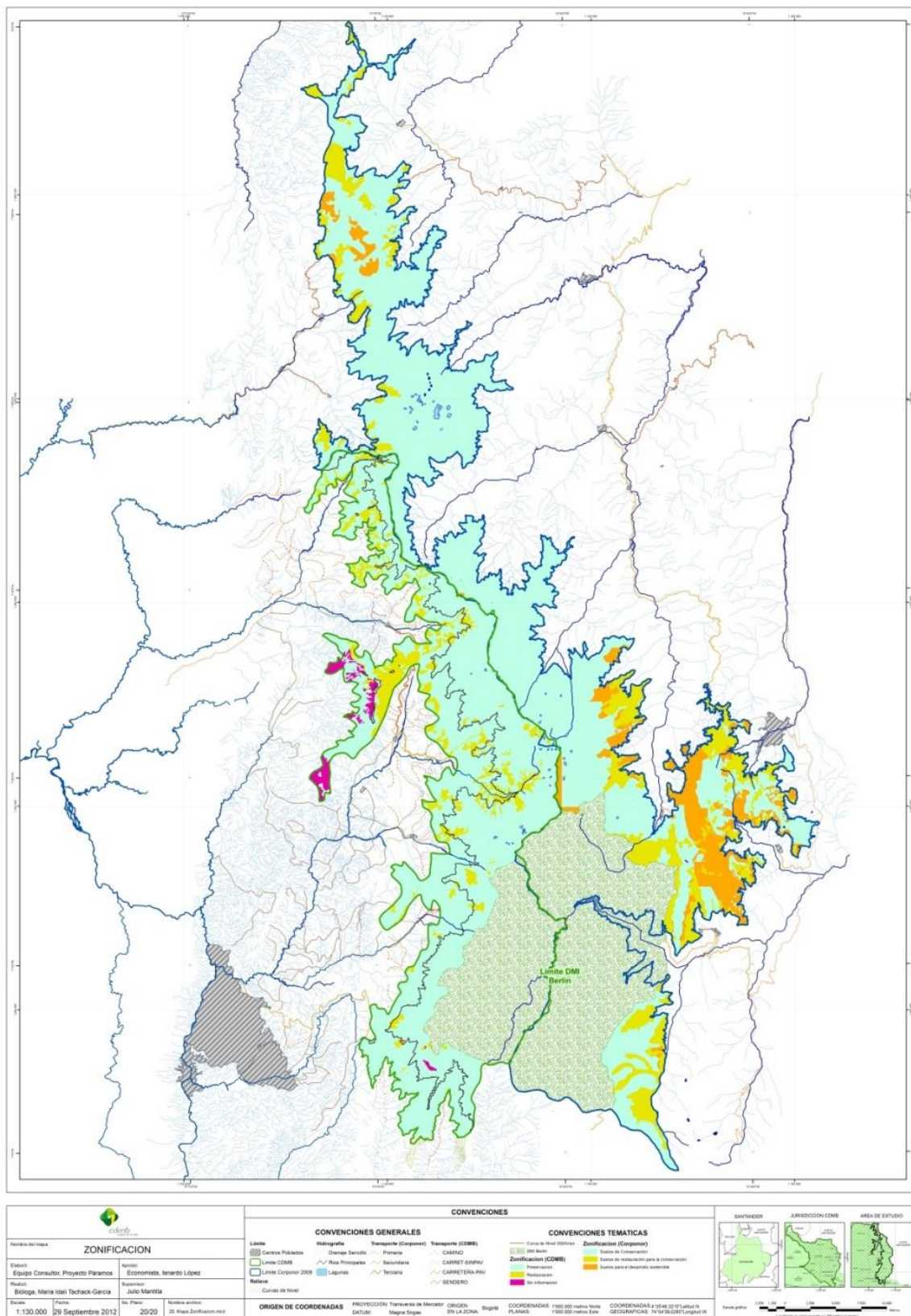
**Tabla 58. Zonificación Ambiental Paramo de Santurban, jurisdicción CDMB**

ZONIFICACION	DESCRIPCION	USO PRINCIPAL	USOS COMPATIBLES	USOS CONDICIONADOS	USOS PROHIBIDOS
PRESERVACIÓN	Afloramientos rocosos	Actividades de protección, regulación, ordenamiento y control y vigilancia, dirigidas al mantenimiento de los atributos, composición, estructura y función de la biodiversidad, evitando al máximo la intervención humana y sus efectos	Recreacion pasiva, Protección de los recursos agua, suelo y biodiversidad	Investigacion	Usos y Actividades productivas y urbanas como: Agricultura, Ganaderia, extracción de minerales e hidrocarburos, usos urbanos
	herbazales de paramo				
	Bosques densos, Bosques Fragmentados, Bosques de galería,				
	Lagunas				
	Áreas con potencial Forestal Protector y Conservación y Protección de los recursos naturales				
RESTAURACIÓN	Áreas con zonificación en amenaza alta	Actividades de recuperación y rehabilitación de ecosistemas; manejo, repoblación, reintroducción o trasplante de especies y enriquecimiento y manejo de hábitats, dirigidas a recuperar los atributos de la biodiversidad.	Actividades de Prevencion y atención de desastres	Investigacion	Usos y Actividades productivas y urbanas como: Agricultura, Ganaderia, extracción de minerales e hidrocarburos, usos urbanos
	Areas en conflicto muy inadecuado		Actividades de recuperación del ecosistema dirigidas a la preservacion	Investigacion	
DISTRITO DE MANEJO INTEGRADO	Altiplano de Berlin	Lo definido para el DMI			

Fuente: Este Estudio



**Ver Figura 45. Zonificacion Paramo Santurban Jurisdiccion CDMB y CORPONOR**



**Zona de preservación.** Espacio donde el manejo está dirigido ante todo a evitar su alteración, degradación o transformación por la actividad humana. Estas áreas pueden contener una o varias zonas de preservación, las cuales se mantienen como intangibles para el logro de los objetivos de conservación. Para el paramo de Santurban, esta categoría incluye: Afloramientos rocosos, herbazales de paramo, Bosques densos, de galería, Lagunas, Areas con potencial Forestal Protector y Conservacion y Proteccion de los recursos hidricos. En esta zona se realizaran todas aquellas actividades de protección, regulación, ordenamiento y control y vigilancia, dirigidas al mantenimiento de los atributos, composición, estructura y función de la biodiversidad, evitando al máximo la intervención humana y sus efectos.

**Zona de restauración.** Espacio dirigido al restablecimiento parcial o total a un estado anterior, de la composición, estructura y función de la diversidad biológica. En las zonas de restauración se pueden llevar a cabo procesos inducidos por acciones humanas, encaminados al cumplimiento de los objetivos de conservación del área protegida. El área puede tener una o más zonas de restauración, las cuales son transitorias hasta que se alcance el estado de conservación deseado y conforme los objetivos de conservación del área, caso en el cual se denominará de acuerdo con la zona que corresponda a la nueva situación. Dentro de esta categoría, para el paramo de santurban se incluyen las áreas en amenaza alta por erosión y por remoción en masa y las áreas en conflicto muy inadecuado. En esta zona podrán realizarse todas las actividades de recuperación y rehabilitación de ecosistemas; manejo, repoblación, reintroducción o trasplante de especies y enriquecimiento y manejo de hábitats, dirigidas a recuperar los atributos de la biodiversidad.

**DMI Berlin.** Teniendo en cuenta la existencia del DMI de Berlin, el área seguirá manteniendo la zonificación y reglamentación definida en dicho documento para el DMI.

**Area sin Informacion.** Se localiza sobre los 2500 msnm, al occidente del entorno local del paramo de santurban, específicamente al nororiente del municipio de Matanza.